Firmato digitalmente da

Carlo Grassi

CN = Carlo Grassi
C = IT

PROPONENTE:	PROGETTO:
ARUBA S.P.A.	***INSTALLAZIONE DI GRUPPI ELETTROGENI PRESSO IL DATA CENTER ARUBA*** ***Località Tecnopolo Tiburtino, Roma***

Studio Preliminare Ambientale ai sensi dell'Art.19 D.Lgs.152/06 - punto a) impianti termici per la produzione di energia elettrica, vapore e acqua calda con potenza termica complessiva superiore a 50 MW

STUDIO DIFFUSIONALE – VALUTAZIONE SULLA QUALITA' DELL'ARIA

BON.2023.CLI.238	*Settembre 2024*	*Prima emissione*	*C. Grassi*	*L. Pessina*	*P. Mauri*
COMMESSA	*DATA*	*REV*	*REDATTO*	*VERIFICATO*	*APPROVATO*

Sede di Milano
via Tibullo, 2 – 20151 Milano
Tel. 0245473370
Fax. 0245473371

Web page: www.ambientesc.it

Altre sedi principali
Carrara (sede legale e operativa) Via Frassina, 21 - 54033 Carrara (MS) - Tel. 0585/855624 - Fax. 0585/855617
Firenze Via di Soffiano, 15 - 50143 Firenze (FI) - Tel. 055/7399056 - Fax 055/7134442
Roma Via Cristoforo Colombo, 149, 00154 Roma (RM) - Tel. 06/45678571
Taranto Via Matera, km 598/I - 74014 Laterza (TA) - Mob. 347/1083531

Premessa

Con il presente documento, ***Ambiente spa*** ha eseguito il mandato affidatole da **Aruba S.p.a** con la diligenza richiesta.

Le elaborazioni ed i risultati illustrati nel presente documento, sono stati ottenuti ottemperando le normative vigenti e le regole riconosciute nel settore di operatività e sono basati sullo stato delle conoscenze all'atto di stesura del rapporto.

In riferimento a ciò Ambiente spa ha proceduto alla predisposizione della presente documentazione richiesta secondo le informazioni e le specifiche fornite dalla Committenza, la quale pertanto si assume ogni qualsivoglia responsabilità in ordine alla veridicità e correttezza delle stesse.

A tal fine, ***Ambiente spa*** considera che:

- il committente, o i terzi da lui designati, hanno fornito tutte le informazioni corrette ed i documenti completi per l'esecuzione del mandato;
- il presente documento non verrà utilizzato in modo parziale;
- le elaborazioni ed i risultati conseguiti presenti nel seguente documento non verranno utilizzati per uno scopo diverso da quello convenuto o per altro oggetto, né saranno trasposti a circostanze modificate, senza essere stati riesaminati;
- nel presente documento con il termine "Committente" si intende la società **Aruba S.p.a** che ha incaricato Ambiente spa per la redazione del presente documento.

SOMMARIO

1 PREMESSA 6

2 MODELLISTICA DIFFUSIONALE 9

2.1 APPROCCIO METODOLOGICO 9
2.2 CALPUFF MODEL SYSTEM 10
2.3 AREA DI STUDIO 12

3 METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA 13

4 CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITA' DELL'ARIA 22

4.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO E LIMITI DI LEGGE 22
4.2 STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA 25

5 SCENARIO EMISSIVO 26

6 CONFIGURAZIONE DEL CODICE 29

6.1 APPLICAZIONE DEL CODICE CALPUFF 29
6.2 SORGENTI 31
6.3 EFFETTO EDIFICIO 32
6.4 ARM2 PER IL CALCOLO DEGLI NO2 34
6.5 RECETTORI 34
6.6 APPLICAZIONE DEL CODICE CALMET 35

7 RISULTATI 37

7.1 ELABORAZIONI STATISTICHE RELATIVE AI BLACK BUILDING TEST 37
7.2 RECETTORI 38
7.3 BIOSSIDO DI AZOTO NO2 38
7.4 POLVERI PM10 39
7.5 MONOSSIDO DI CARBONIO 40
7.6 BIOSSIDO DI ZOLFO SO2 41
7.7 QUALITÀ DELL'ARIA FUTURA. 42
7.8 MAPPE DI ISOCONCENTRAZIONE 44

8 CONCLUSIONI 52

9 MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA 54

INDICE FIGURE

Figura 1: Area di Studio per la dispersione degli inquinanti, con individuato lo stabilimento oggetto di valutazione..... 12
Figura 2: - Rosa dei venti per l'anno 2023, stazione Tor Vergata..... 14
Figura 3: Serie temporale velocità del vento, anno 2023 stazione Tor Vergata..... 17
Figura 4: Serie temporale temperatura dell'aria, anno 2021 stazione Tor Vergata..... 19
Figura 5: Serie temporale umidità relativa, anno 2021 stazione Tor Vergata..... 20
Figura 6: Serie temporale pressione atmosferica, anno 2023 stazione Tor Vergata..... 21
Figura 7: localizzazione dei punti di emissione (camini) e dei fabbricati. 26
Figura 8: localizzazione delle sorgenti di emissione. 32
Figura 9: edifici considerati nella simulazione di CALPUFF. 33
Figura 10 recettori selezionati per lo studio di dispersione con CALPUFF. 35
Figura 11: rosa dei venti estratta da CALMET in corrispondenza del Campus. 36
Figura 12: serie temporale di concentrazione di NO2 per la stazione di Bufalotta per l'anno 2023 [Arpa Lazio] 42
Figura 13: concentrazione del biossido di azoto, media annuale, per lo scenario di ESERCIZIO 44
Figura 14: concentrazione del biossido di azoto, 99.85° percentile delle medie orarie per lo scenario di ESERCIZIO..... 45
Figura 15: concentrazione del PM10, media annuale, per lo scenario di ESERCIZIO..... 46
Figura 16: concentrazione del PM10, 90.4° percentile delle medie giorno per lo scenario di ESERCIZIO... 47
Figura 17: concentrazione del monossido di carbonio massimo delle medie su 8 ore per lo scenario di ESERCIZIO..... 48
Figura 18: concentrazione del SO2, media annuale, per lo scenario di ESERCIZIO 49
Figura 19: concentrazione del SO2, 99.7° percentile delle medie ora per lo scenario di ESERCIZIO..... 50
Figura 20: concentrazione del SO2, 99.2° percentile delle medie giorno per lo scenario di ESERCIZIO 51

INDICE TABELLE

Tabella 1 - Caratteristiche delle stazioni meteo e parametri misurati..... 14
Tabella 2: Statistiche classi di velocità del vento, stazione Tor Vergata..... 15
Tabella 3: Statistiche direzioni di velocità del vento, stazione Tor Vergata 16
Tabella 4: Statistiche annuali velocità del vento[m/s], stazione Tor Vergata 17
Tabella 5: Statistiche annuali temperatura [°C], stazione Tor Vergata 18
Tabella 6: Analisi dell'Umidità relativa mensile [%], stazione Tor Vergata 19
Tabella 7: Analisi pressione atmosferica [mbar] stazione Tor Vergata..... 21
Tabella 8: Valori limite per l'esposizione acuta D. Lgs. 155/2010 23
Tabella 9: descrizione dello stato della qualità dell'aria per il dominio di studio [ARPA Lazio]..... 25
Tabella 10: Caratteristiche delle emissioni di ogni motore. 27
Tabella 11: Configurazione CALPUFF MODEL SYSTEM..... 30

Tabella 12 - Caratteristiche degli edifici esistenti e in progetto considerati per la valutazione del Building Downwash 33
Tabella 13: recettori individuati per lo studio..... 34
Tabella 14: Elaborazioni statistiche delle medie orarie di NO2 per le emissioni Black building test..... 37

BIBLIOGRAFIA DOCUMENTI RESI DISPONIBILI E UTILIZZATI PER LA RELAZIONE

- Schede tecniche generatori

1 PREMESSA

Il presente documento è stato redatto per effettuare la valutazione degli effetti ambientali delle emissioni in atmosfera generate dai generatori di emergenza installati presso il Campus in progetto. La presente relazione descrive e valuta gli impatti sulla qualità dell'aria nell'area prossima all'impianto, verificando il rispetto dei limiti vigenti e la variazione delle emissioni prodotte a seguito dell'installazione dei nuovi gruppi elettrogeni.

In particolare, nel presente documento si analizzeranno i seguenti aspetti:

- descrizione dell'approccio metodologico e dei modelli di calcolo utilizzati;
- caratterizzazione meteo-climatica dell'area di interesse;
- inquadramento normativo in materia di Qualità dell'Aria;
- identificazione e caratterizzazione delle emissioni in atmosfera presenti;
- identificazione dell'area di interesse;
- individuazione dei recettori sensibili;
- analisi delle risultanze ottenute dall'utilizzo del codice di calcolo;
- valutazioni circa l'impatto generato dall'impianto.

Si premette fin da ora che i gruppi elettrogeni oggetto del presente studio si configurano quali **generatori di emergenza**, essendo funzionali a garantire la continuità del servizio in caso di blackout della rete elettrica nazionale, da cui il Datacenter è alimentato in condizioni di esercizio. Lo studio presentato in questa relazione è pertanto da intendersi quale valutazione di massima cautela, e non quale effettiva verifica previsionale del rispetto dei limiti normativi per la normativa sulla qualità dell'aria.

In relazione ai regimi di accensione dei gruppi elettrogeni di emergenza, le condizioni di funzionamento simulate sono le seguenti:

- **Test di corretta accensione:** prevede l'avviamento e lo spegnimento di un gruppo elettrogeno alla volta per una durata complessiva di massimo 10 minuti, al fine di permettere di verificarne la corretta entrata in esercizio in caso di blackout.
- **Black Building Test**: rappresenta una simulazione e quindi un'esercitazione controllata dello scenario di emergenza e determina l'accensione di tutti i gruppi elettrogeni relativi ad un data center. È importante precisare che questo test, seppur programmato in condizioni climatiche idonee, viene effettuato solo se nei mesi precedenti non si sono verificate condizioni di blackout

effettivo, che già permettono di verificare la corretta funzionalità in esercizio degli stessi gruppi elettrogeni e degli impianti in generale. Di conseguenza, l'avverarsi dello scenario successivo (emergenza) potrebbe escludere l'esecuzione del Black Building Test. La frequenza prevista per questo test come standard è altrimenti di una volta l'anno per ciascun edificio: esso viene eseguito secondo modalità ben specifiche al fine di scongiurare interruzioni dell'erogazione dei servizi data center durante il test. Pertanto, premesso che ciascuna sala server è dotata di un gruppo di sistemi ups avente un'autonomia temporale garantita da batterie, il test viene condotto accendendo un gruppo elettrogeno per volta ad una distanza temporale di alcuni minuti. Ciò al fine di permettere allo stesso di ricevere il carico elettrico in maniera gestita e controllata; si procede quindi per successive accensioni fino all'ultimo gruppo. Completata questa procedura, i gruppi elettrogeni vengono fatti funzionare tutti contemporaneamente; indi, inizia il processo di spegnimento che segue, all'inverso, lo stesso criterio dell'accensione.

Pertanto, durante il test, i gruppi elettrogeni di un ramo di alimentazione funzionano contemporaneamente e sotto carico solo per un'ora. Si evidenzia che i gruppi elettrogeni per ciascun building sono ridondanti e nell'ambito del black building test il funzionamento contemporaneo dei generatori riguarderà il 50% degli stessi.

La durata complessiva di queste prove nel corso dell'anno, a meno che non si siano già verificate condizioni di blackout che ne comportano l'annullamento, è pari quindi a 5 ore (1 per edificio), relative al funzionamento contemporaneo dei gruppi elettrogeni di un data center. Essendo un test autogestito, la procedura di esecuzione del black building test prevede inoltre di programmare le attività nelle condizioni meteoclimatiche più favorevoli, sulla base dell'elaborazione dei dati storici rilevati dalle centraline Arpa, ed in futuro anche di quelli forniti dalla centralina meteo che verrà installata in sito oltre che delle previsioni meteo. La procedura prevede inoltre, come già specificato, la soppressione del test nel caso che nei mesi immediatamente presenti ci sia stato un blackout che abbia dimostrato il corretto funzionamento delle apparecchiature, di conseguenza, la frequenza del test stesso potrebbe essere addirittura superiore all'anno.

- **Emergenza:** rappresenta la condizione straordinaria in cui una potenza pari alla metà dei gruppi elettrogeni degli edifici in configurazione finale, causa blackout, viene accesa contemporaneamente. Ricordiamo che i gruppi elettrogeni sono presenti in quantità doppia rispetto alla potenza nominale per questioni di ridondanza e resilienza dei data center. Essendo condizioni di emergenza non possono essere programmate. Tuttavia, sulla base dell'analisi statistica dei dati degli anni pregressi di altri datacenter del Proponente, considerando la stabilità della rete di alimentazione primaria, la condizione di emergenza non ha mai superato, cumulativamente, un'ora di durata l'anno. A tal proposito si evidenzia che in caso di blackout di pochi secondi o anche un minuto oppure di piccoli sbalzi di tensione della rete, l'assenza di

corrente elettrica viene sopperita dalla presenza dei gruppi di continuità con le relative batterie senza necessità di avviamento dei gruppi elettrogeni.

Gli inquinanti presi in considerazione per le simulazioni sono quelli significativi per la qualità dell'aria locale, cioè biossido di azoto NO2, monossido di carbonio CO, polveri PM e biossido di zolfo (SO2), anche in ragione del fatto che sono gli inquinanti che hanno valori limite di legge sulla media annuale.

Gli scenari simulati, presentati nei seguenti capitoli, ricomprendono le seguenti condizione di attivazione dei generatori:

- Scenario di test periodici
- Scenario di test periodici + black building
- Scenario di esercizio: test periodici + black building + emergenza

2 MODELLISTICA DIFFUSIONALE

2.1 Approccio metodologico

L'attività di supporto specialistico oggetto del presente documento è relativa all'effettuazione dello studio di modellistica diffusionale delle emissioni in atmosfera di ossidi di azoto, polveri e monossido di carbonio derivanti dai generatori di emergenza installati presso il Campus. In particolare, si studiano lo scenario di progetto in cui è prevista l'installazione di 51 generatori a combustibile liquido.

L'obiettivo dello studio è la valutazione, per mezzo dell'applicazione di un opportuno modello diffusionale (UNI 10964:2001 "Studi di impatto ambientale - Guida alla selezione dei modelli matematici per la previsione di impatto sulla qualità dell'aria"; UNI 10796:2000 "Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi - Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici"), della concentrazioni degli inquinanti caratteristici di tutte le sorgenti emissive sul territorio circostante.

Le fasi, secondo cui si è proceduto nell'elaborazione del presente studio, sono elencate di seguito:

1) **Acquisizione ed elaborazione dei dati territoriali (DTM, utilizzo del suolo etc.)**
   a) Il dominio di calcolo è stato individuato in riferimento alla localizzazione del sito, dei potenziali recettori individuabili sul territorio (abitato urbano, recettori sensibili, etc.) e della conformazione orografica e morfologica del territorio.
   b) L'area, sufficientemente estesa, è stata associata ad un dominio di calcolo di estensione pari circa a 64 kmq, esteso per 8 km in direzione W-E e per 8 km in direzione N-S, ben adatta a rappresentare la complessità orografica e morfologica del territorio, e tale da includere i potenziali ricettori nelle vicinanze del Campus.

2) **Acquisizione ed elaborazione dati di progetto per la stima delle emissioni.**
   a) Acquisizione delle planimetrie, con particolare riferimento all'individuazione della posizione dei camini e delle loro caratteristiche geometriche oltre che le dimensioni degli edifici che possono interagire con la dispersione dei camini tramite l'effetto edificio (building downwash);
   b) Elaborazione dei dati del quadro emissivo relativo alle centrali termiche ed alle emissioni di NOx, Polveri e CO.

3) **Acquisizione ed Elaborazione dei dati meteorologici relativi ad un anno solare.**

a) le stazioni meteorologiche presenti nel dominio di calcolo considerato, o in prossimità di questo, sono state selezionate sulla base della rappresentatività spaziale rispetto all'area allo studio ed in base ai parametri meteorologici misurati.

b) I dati meteorologici sono stati elaborati per predisporre una caratterizzazione meteo-climatica dell'area in esame, relativamente al periodo preso a riferimento, un anno solare ultimo disponibile ovvero il 2023.

c) I dati meteorologici acquisti sono stati elaborati tramite il codice numerico CALMET per la predisposizione dei file di ingresso al modello di dispersione ed il calcolo dei parametri necessari come: classi di stabilità atmosferica, altezza dello strato di mescolamento etc.

4) Applicazione del codice numerico di dispersione degli inquinanti per la valutazione delle concentrazioni degli inquinanti emessi dell'opera oggetto del presente studio per un anno solare rappresentativo delle condizioni meteorologiche dell'area.

a) Per l'attività, oggetto del presente studio, è stato applicato il codice di dispersione CALPUFF MODEL SYSTEM per la valutazione delle ricadute degli inquinanti dalle sorgenti emissive, così come individuate al punto 2.

b) Si sono predisposti i necessari file di input al modello di dispersione per svolgere simulazioni che comprendano come arco temporale un anno solare di dati meteorologici come descritto nel punto 3.

c) Le simulazioni si sono svolte, per tutte le sorgenti individuate al punto 2.

d) Le simulazioni hanno fornito come risultati le concentrazioni degli inquinanti su tutto il dominio.

5) Risultati

a) I risultati delle simulazioni sono rappresentati in forma tabellare e confrontati con i valori limite di qualità dell'aria mentre sono state realizzate mappe di iso-concentrazione per i recettori su griglia cartesiana.

2.2 Calpuff Model System

Il sistema di modelli CALPUFF MODEL SYSTEM1, inserito dall'U.S. EPA in Appendix W di "Guideline on Air Quality Models", tra i modelli definiti "alternative models" è stato sviluppato da Sigma Research Corporation, ora parte di Earth Tech, Inc, con il contributo di California Air Resources Board (CARB).

[1] ***CALPUFF***
The current regulatory version of the CALPUFF Modeling System includes:
CALPUFF - Version 6.42 - Level 110325

Il sistema di modelli è composto da tre componenti:

- Il preprocessore meteorologico CALMET: utile per la ricostruzione del campo tridimensionale di vento e temperatura all'interno del dominio di calcolo;
- Il processore CALPUFF: modello di dispersione, che 'inserisce' le emissioni all'interno del campo di vento generato da Calmet e ne studia il trasporto e la dispersione;
- Il postprocessore CALPOST: ha lo scopo di processare i dati di output di CALPUFF, in modo da renderli nel formato più adatto alle esigenze dell'utente.

CALMET è un preprocessore meteorologico di tipo diagnostico, in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura e campi bidimensionali di parametri descrittivi della turbolenza. È adatto a simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa. Il campo di vento viene ricostruito attraverso stadi successivi, in particolare un campo di vento iniziale viene rielaborato per tenere conto degli effetti orografici, tramite interpolazione dei dati misurati alle centraline di monitoraggio e tramite l'applicazione di specifici algoritmi in grado di simulare l'interazione tra il suolo e le linee di flusso. Calmet è dotato, infine, di un modello micrometeorologico per la determinazione della struttura termica e meccanica (turbolenza) degli strati inferiori dell'atmosfera.

CALPUFF è un modello di dispersione 'a puff' multi-strato non stazionario. È in grado di simulare il trasporto, la dispersione, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti, in condizioni meteorologiche variabili spazialmente e temporalmente.

CALPUFF è in grado di utilizzare campi meteorologici prodotti da CALMET, oppure, in caso di simulazioni semplificate, di assumere un campo di vento assegnato dall'esterno, omogeneo all'interno del dominio di calcolo.

CALPUFF contiene diversi algoritmi che gli consentono, opzionalmente, di tenere conto di diversi fattori, quali: l'effetto scia dovuto agli edifici circostanti (building downwash) o allo stesso camino di emissione (stack-tip downwash), shear verticale del vento, deposizione secca ed umida, trasporto su superfici d'acqua e presenza di zone costiere, presenza di orografia complessa, ecc. CALPUFF è infine in grado di trattare diverse tipologie di sorgente emissiva, in base essenzialmente alle caratteristiche geometriche: sorgente puntiforme, lineare, areale, volumetrica.

CALPOST consente di elaborare i dati di output forniti da CALPUFF, in modo da ottenere i risultati in un formato adatto alle esigenze dell'utente. Tramite Calpost si possono ottenere dei file di output direttamente interfacciabili con software grafici per l'ottenimento di mappe di concentrazione.

CALMET - Version 6.334 - Level 110421
CALPOST - Version 6.292 - Level 110406

2.3 Area di Studio

Per il calcolo delle ricadute al suolo delle emissioni di inquinanti derivanti dall'attività del Campus si è individuata un'area la cui estensione è di circa 8 km in direzione x 8 km, ben rappresentativa della conformazione orografica e morfologica del territorio, fondamentale per la ricostruzione dei campi di vento ed esaustiva per includere i potenziali recettori (abitato urbano etc.).

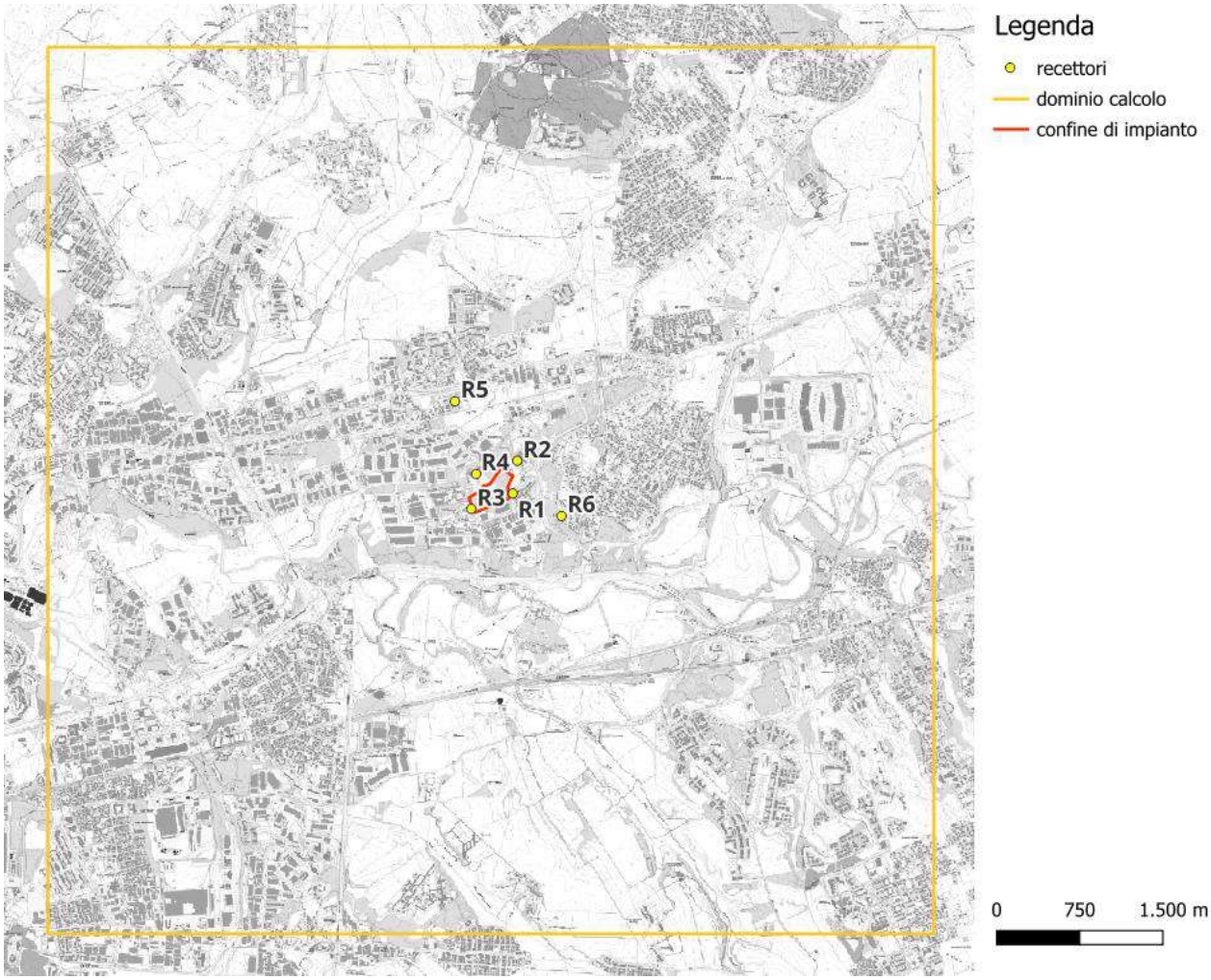


Figura 1: Area di Studio per la dispersione degli inquinanti, con individuato lo stabilimento oggetto di valutazione.

All'interno dell'area di studio non ricadono siti classificati come aree protette RETE NATURA 2000.

3 METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA

Nella valutazione della qualità dell'aria di dettaglio nell'area di studio, è necessario considerare ed analizzare le variabili meteorologiche che più influenzano l'accumulo, il trasporto, la diffusione, la dispersione e la rimozione degli inquinanti nell'atmosfera.

Sono parametri rilevanti:

- l'altezza dello strato di rimescolamento (m), che dà la misura della turbolenza (di origine termica, dovuta al riscaldamento della superficie, e di origine meccanica, dovuta al vento) nello strato di atmosfera più vicino al suolo, esprimendo l'intensità dei meccanismi di dispersione verticale;
- la percentuale di condizioni atmosferiche stabili (%), che esprime con quale frequenza lo strato superficiale risulta stabile e quindi meno favorevole alla dispersione degli inquinanti;
- la velocità del vento (m/s), determinante per la dispersione, e la direzione del vento (gradi), utile per valutare il trasporto degli inquinanti.

Le basi di dati meteorologiche disponibili sono costituite da:

- i dati disponibili (umidita relativa, temperatura, direzione e velocità del vento, pressione atmosferica) dalla rete di monitoraggio meteorologica di ARPALAZIO, per la stazione di CNR TOR VERGATA.

Al fine di caratterizzare la meteorologia dell'area di studio e predisporre i necessari file di ingresso ai modelli di dispersione si è provveduto ad analizzare la disponibilità di dati da stazioni di misura nell'area di studio. Le stazioni che per prossimità, rilevanza e tipologia di parametri misurati sono risultate maggiormente significative è la stazione CNR Tor Vergata, gestita da ARPALAZIO.

I dati sono stati acquisiti per l'anno solare 2023.

Tabella 1 - Caratteristiche delle stazioni meteo e parametri misurati

Stazione	***ID***	***Coordinate LAT/LONG***	***Distanza dall'impianto***	***Parametri misurati e acquisiti***
CNR TOR VERGATA	AL001	41.84 12.64	Circa 10 km	Temperatura, velocità e direzione del vento, umidità relativa, pressione atmosferica

Tabella 1 - Caratteristiche delle stazioni meteo e parametri misurati

Regime anemologico

Il regime dei venti dell'area di studio è stato caratterizzato utilizzando i dati meteorologici dell'anno solare 2023 registrati dalla stazione presa a riferimento. Di seguito si riportano tabelle e figure che descrivono su base annuale il regime dei venti dell'area allo studio.

STAZIONE TOR VERGATA

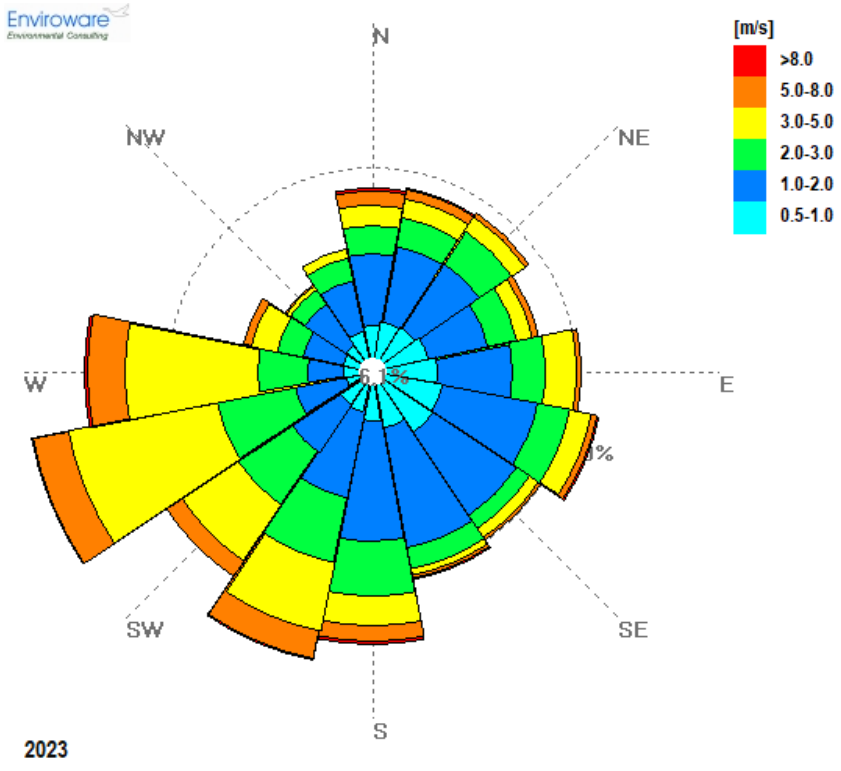


Figura 2: - Rosa dei venti per l'anno 2023, stazione Tor Vergata

Dai dati di velocità e direzione del vento misurati dalla stazione e riportanti nella rosa dei venti si nota come le direzioni prevalenti di provenienza del vento sono Ovest – Sud Ovest, con una frequenza complessiva di circa il 9.8%, e Sud – Sud Ovest, con una frequenza del 8.3%. Le altre direzioni di provenienza del vento presentano frequenze inferiori all'8%.

Tabella 2: Statistiche classi di velocità del vento, stazione Tor Vergata

Intervallo	**Da**	**Fino a**	**Percentuale**
	[m/s]	**[m/s]**	
Calma di vento	0	0.5	6.1
1	0.5	1.0	16.4
2	1.0	2.0	34.6
3	2.0	3.0	18.1
4	3.0	5.0	18.7
5	5.0	8.0	5.8
6	> 8.0	-	0.4

Le velocità del vento sono generalmente moderate, variando tra 1.0 e 3.0 m/s in circa il 52.7% delle situazioni annuali. Le fasi di calma, definite per velocità del vento inferiori a 0.5 m/s, costituiscono circa il 6.1% del totale.

Tabella 3: Statistiche direzioni di velocità del vento, stazione Tor Vergata

Dir [°N]	%Data	Velocità [m/s]
N	425	2.3
NNE	433	2.0
NE	441	1.8
ENE	389	1.8
E	489	1.9
ESE	540	1.7
SE	470	1.5
SSE	494	1.6
S	648	2.2
SSW	702	2.7
SW	585	2.7
WSW	833	3.3
W	688	3.5
WNW	297	2.3
NW	230	1.6
NNW	283	1.6
-Calma	512	6.1

Velocità del vento

Tabella 4: Statistiche annuali velocità del vento[m/s], stazione Tor Vergata

periodo	% Dati Validi	Max [m/s]	Media [m/s]	Min [m/s]
gen	87.6	8.1	2.3	0.1
feb	99.3	7.9	1.9	0.1
mar	99.1	9.0	2.4	0.1
apr	99.2	8.2	2.4	0.0
mag	99.1	7.5	2.0	0.1
giu	96.4	7.3	2.0	0.1
lug	100.0	7.8	2.3	0.1
ago	99.9	8.6	2.3	0.0
set	100.0	7.9	2.0	0.0
ott	99.7	10.7	2.4	0.1
nov	100.0	11.4	2.4	0.0
dic	79.2	10.7	1.9	0.1
Anno 2023	96.6	11.4	2.2	0.0

Durante l'anno 2023 il picco di velocità è stato nel mese di novembre con valore 11.4 m/s. Il valore medio su base mensile è di 2.2 m/s.

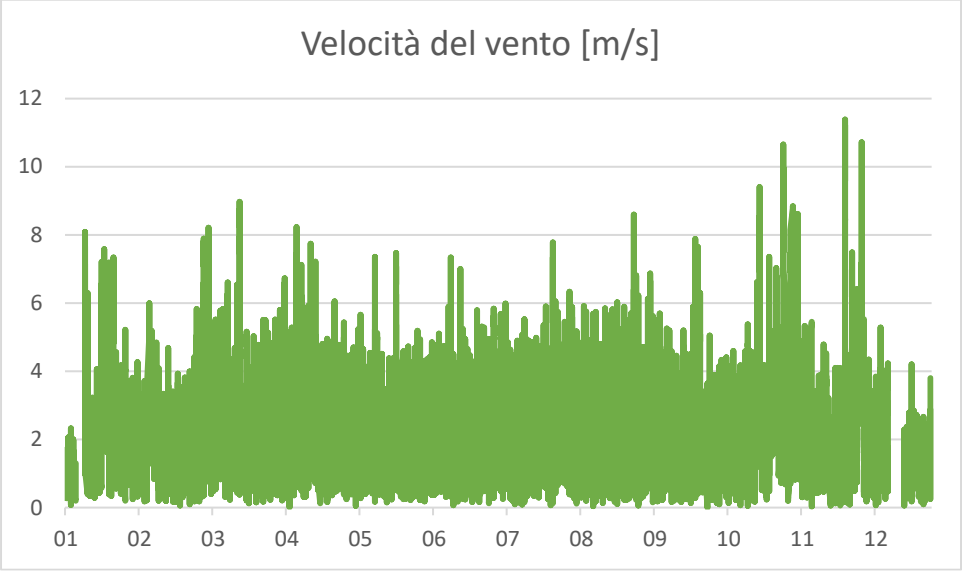


Figura 3: Serie temporale velocità del vento, anno 2023 stazione Tor Vergata

Temperatura

Tabella 5: Statistiche annuali temperatura [°C], stazione Tor Vergata

periodo	% Dati Validi	Max [°C]	Media [°C]	Min [°C]
gen	87.6	16.1	8.3	-0.7
feb	99.3	16.7	8.5	-1.3
mar	99.1	21.1	12.3	4.0
apr	99.2	21.6	13.0	2.4
mag	99.1	27.6	17.4	11.0
giu	96.4	35.1	22.7	14.6
lug	100.0	39.0	27.3	18.7
ago	99.9	36.5	25.4	16.3
set	100.0	31.6	23.2	14.2
ott	99.7	30.8	20.7	13.9
nov	100.0	21.6	14.2	0.4
dic	79.2	21.3	11.3	0.5
Anno 2023	96.6	39.0	17.3	-1.3

Per quanto riguarda la temperatura si osserva un valore massimo nel mese di luglio con una temperatura di 39.0°C mentre il valore minimo si registra a febbraio con una temperatura pari a -1.3C. I mesi con una temperatura media minore e maggiore sono rispettivamente gennaio e luglio. Il valore medio su base annuale è di 17.3°C.

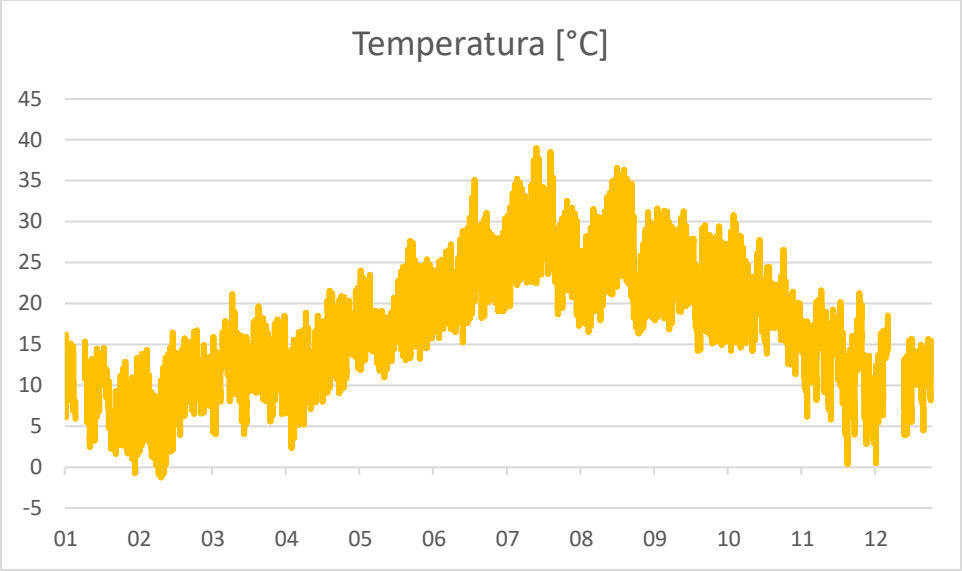


Figura 4: Serie temporale temperatura dell'aria, anno 2021 stazione Tor Vergata

Umidità relativa

Tabella 6: Analisi dell'Umidità relativa mensile [%], stazione Tor Vergata

periodo	% Dati Validi	Max [%]	Media [%]	Min [%]
gen	87.6	100.0	78.3	25.0
feb	99.3	100.0	70.1	19.9
mar	99.1	100.0	74.1	18.9
apr	99.2	99.9	71.2	28.1
mag	99.1	99.9	82.8	38.5
giu	96.4	100.0	74.8	28.5
lug	100.0	99.9	65.8	24.8
ago	99.9	100.0	65.3	25.0
set	100.0	100.0	63.6	25.7
ott	99.7	100.0	75.5	24.5
nov	100.0	100.0	81.3	28.1
dic	79.2	100.0	86.2	49.1
Anno 2023	96.6	100.0	73.9	18.9

L'umidità relativa mostra fluttuazioni stagionali e si attesta su una media di circa 73.9% durante l'anno.

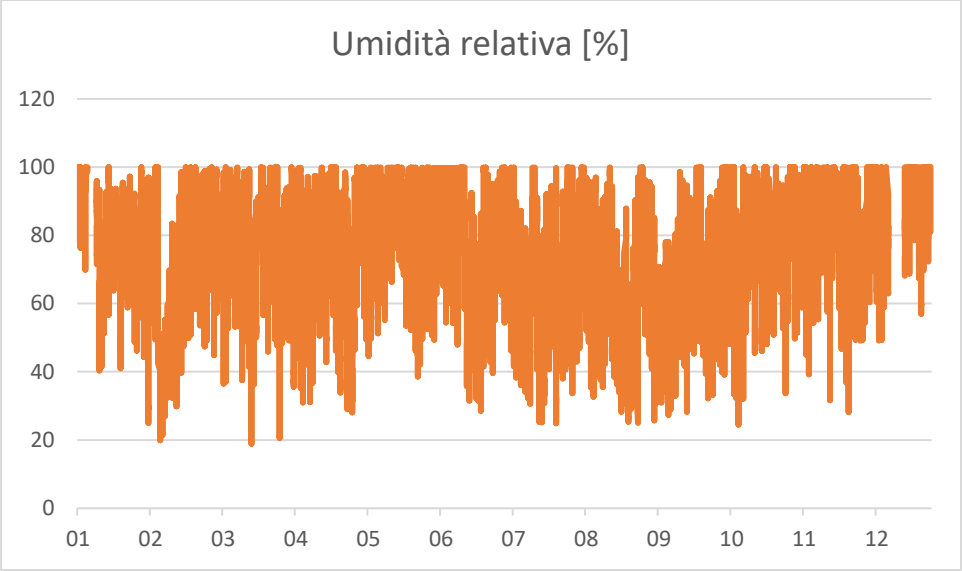


Figura 5: Serie temporale umidità relativa, anno 2021 stazione Tor Vergata

Pressione atmosferica

Tabella 7: Analisi pressione atmosferica [mbar] stazione Tor Vergata

periodo	% Dati Validi	Max [mbar]	Media [mbar]	Min [mbar]
gen	87.6	1031.9	1014.4	988.9
feb	99.0	1035.6	1023.5	995.1
mar	99.1	1027.6	1013.4	1000.6
apr	79.4	1020.8	1011.6	1001.7
mag	94.8	1019.4	1011.9	994.9
giu	96.4	1019.1	1013.3	1007.7
lug	100.0	1019.4	1013.5	1001.4
ago	99.9	1019.8	1012.2	999.7
set	100.0	1020.9	1015.5	1008.1
ott	99.5	1024.0	1014.9	995.5
nov	100.0	1023.6	1010.5	991.7
dic	79.2	1029.5	1015.4	999.7
Anno 2023	94.5	1035.6	1014.1	988.9

La pressione media annua relativa all'anno 2023 è 1014.1 mbar mentre il massimo valore mensile, pari al 1035.6 mbar è stato registrato nel mese di febbraio ed il valore minimo mensile nel mese di gennaio con valore pari a 988.9 mbar.

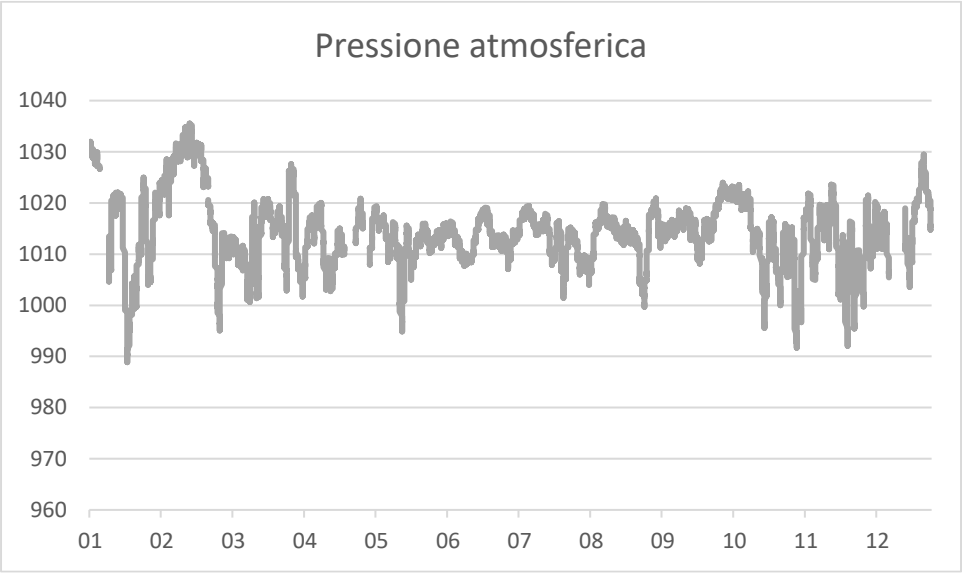


Figura 6: Serie temporale pressione atmosferica, anno 2023 stazione Tor Vergata

4 CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITA' DELL'ARIA

4.1 Inquadramento normativo e limiti di legge

Il quadro normativo di riferimento per l'inquinamento atmosferico si compone di:

- D. Lgs. 351/99: recepisce ed attua la Direttiva 96/69/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria. In particolare, definisce e riordina un glossario di definizioni chiave che devono supportare l'intero sistema di gestione della qualità dell'aria, quali ad esempio valore limite, valore obiettivo, margine di tolleranza, zona, agglomerato etc;
- D.M. 261/02: introduce lo strumento dei Piani di Risanamento della Qualità dell'Aria, come metodi di valutazione e gestione della qualità dell'aria: in esso vengono spiegate le modalità tecniche per arrivare alla zonizzazione del territorio, le attività necessarie per la valutazione preliminare della qualità dell'aria, i contenuti dei Piani di risanamento, azione, mantenimento;
- D. Lgs. 152/2006, recante "Norme in materia ambientale", Parte V, come modificata dal D. Lgs. n. 128 del 2010;
- Allegato V alla Parte V del D. Lgs. 152/2006, intitolato "Polveri e sostanze organiche liquide". Più specificamente: Parte I "Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico, scarico o stoccaggio di materiali polverulenti";
- D. Lgs. 155/2010: recepisce ed attua la Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, ed abroga integralmente il D.M. 60/2002 che definiva per gli inquinanti normati (biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, le polveri, il piombo, il benzene ed il monossido di carbonio) i valori limite ed i margini di tolleranza.

Il D. Lgs. 155/2010 recepisce la direttiva europea 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. A livello nazionale il D. Lgs. 155/2010 conferma in gran parte quanto stabilito dal D.M. 60/2002, e ad esso aggiunge nuove definizioni e nuovi obiettivi, tra cui:

- valori limite per biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e PM10, vale a dire le concentrazioni atmosferiche fissate in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana e sull'ambiente;
- soglie di allarme per biossido di zolfo e biossido di azoto, ossia la concentrazione atmosferica oltre, la quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunta la quale si deve immediatamente intervenire;
- valore limite, valore obiettivo, obbligo di concentrazione dell'esposizione ed obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM2,5;

- valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene.

Le tabelle seguenti riportano i valori limite per la qualità dell'aria vigenti e fissati D. Lgs. 155/2010 (esposizione acuta ed esposizione cronica).

Tabella 8: Valori limite per l'esposizione acuta D. Lgs. 155/2010

Valori di riferimento per la valutazione della QA secondo il D.Lgs. 155/2010 e smi			
Biossido di azoto (NO2)	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 18 volte in un anno)	200 µg/ m^3
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m^3
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	400 µg/ m^3
Monossido di carbonio (CO)	Valore limite	Massima Media Mobile su 8 ore	10 mg/ m^3
Ozono (O3)	Soglia di Informazione	Numero di Superamenti del valore orario	180 µg/ m^3
	Soglia di Allarme	Numero di Superamenti del valore orario (3 ore consecutive)	240 µg/ m^3
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana (da valutare per la prima volta nel 2013)	Numero di superamenti della media mobile di 8 ore massima giornaliera (max 25 gg/anno come media degli ultimi 3 anni)	120µg/ m^3
Biossido di Zolfo (SO2)	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 24 volte in un anno)	350 µg/ m^3
	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 3 volte in un anno)	125 µg/ m^3
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	500 µg/ m^3
Particolato Atmosferico (PM10)	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 35 volte in un anno)	50 µg/ m^3
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m^3
Benzene (C6H6)	Valore limite annuale	Media annua	5 µg/ m^3
Valori di riferimento per la valutazione della QA secondo il D.Lgs. 155/2010 e smi			
IPA - come Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	Media annua	1 ng/ m^3
Metalli pesanti			
Arsenico	Valore obiettivo	Media annua	6 ng/ m^3
Cadmio	Valore obiettivo	Media annua	5 ng/ m^3
Nichel	Valore obiettivo	Media annua	20 ng/m3

4.2 Stato della qualità dell'aria

Lo stato della qualità dell'aria è descritto tramite i dati misurati dalla rete regionale di ARPA Lazio. In relazione alla localizzazione del sito è stata selezionata la stazione classificata come URBANA FONDO e con il criterio di prossimità oltre che a misurare tutti i parametri allo studio. I dati si riferiscono all'anno solare 2023, ultimo disponibile.

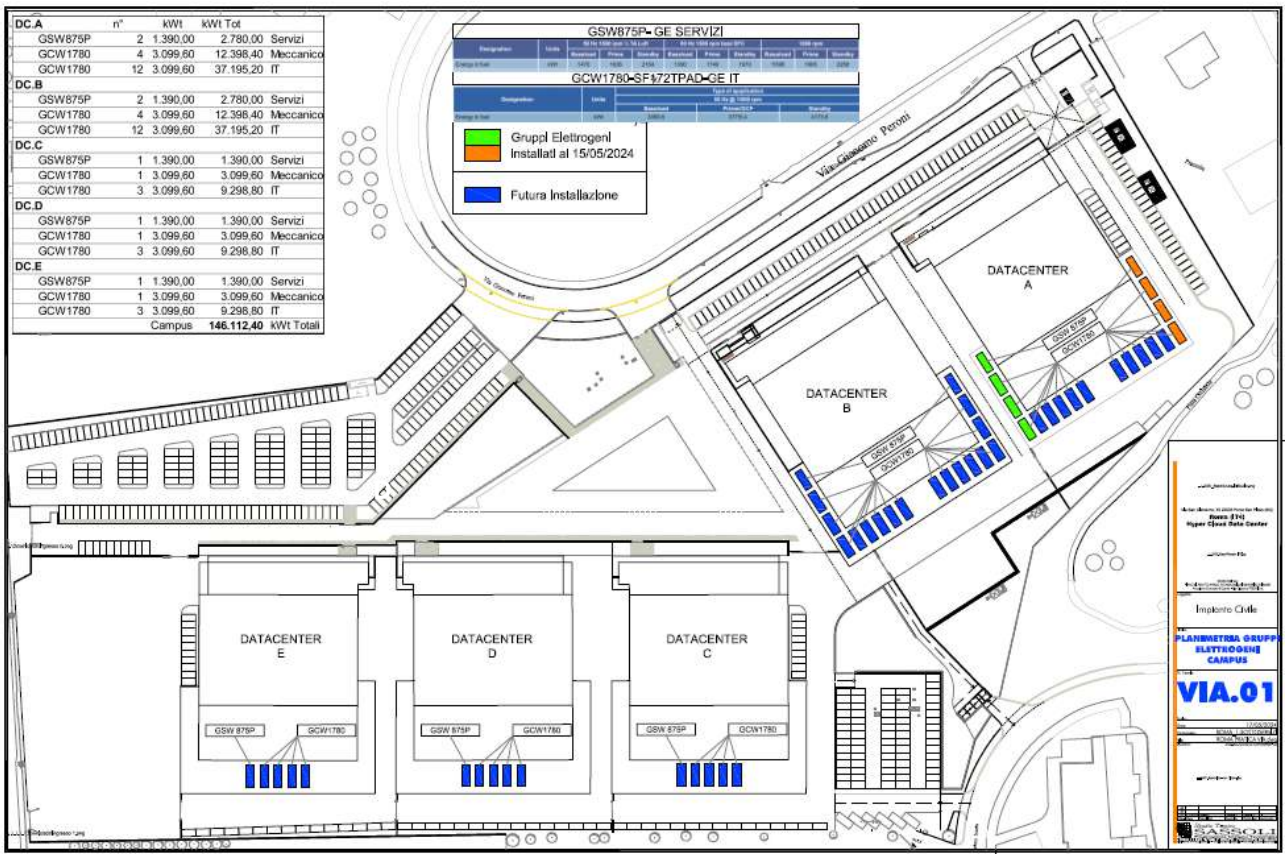
Tabella 9: descrizione dello stato della qualità dell'aria per il dominio di studio [ARPA Lazio]

	QUALITA dell'ARIA Anno 2023	**Bufalotta**	**Dlgs 155/2010**
Inquinante	**Tipologia di Stazione**	**Urbana Fondo**	**Valore limite**
NO2 [μg/m^3]	Annual mean	30	40
	Number of exceedance hourly LV	0	18
PM10 [μg/m^3]	Annual mean	24	40
	Number of exceedance daily LV	8	35

Lo stato della qualità dell'aria è significativo per il parametro PM10 per il quale la stazione di FONDO URBANO rilevano dati di media annuale più della metà del valore limite, mentre il numero di superamenti del valore limite di media giornaliera è inferiore al limite. Per quanto riguarda il parametro NO2, il valore della stazione per la media annuale registra valori paragonabili al valore limite di media annuale seppur inferiori di 10 microgrammi. Stessa considerazione vale per le polveri PM10 per il valore di media annuale. Per i valori di media oraria e media giornaliera rispettivamente sono inferiori al limite per NO2 e polveri seppur la situazione descritta dai dati in tabella mostri un numero di superamenti del valore medio giornaliero di PM10 apprezzabile.

5 SCENARIO EMISSIVO

Le emissioni del Campus sono esclusivamente riconducibili agli impianti di generazione di energia elettrica di emergenza installati presso il sito di Roma per la configurazione futura. La configurazione è descritta nella tabella seguente.



Datacenter	Numero di generatori di emergenza
DATACENTER A	18
DATACENTER B	18
DATACENTER C	5
DATACENTER D	5
DATACENTER E	5

Figura 7: localizzazione dei punti di emissione (camini) e dei fabbricati.

Di seguito si riepilogano le caratteristiche delle emissioni per le tipologie di generatori utilizzate per la configurazione del modello di dispersione degli inquinanti.

Tabella 10: Caratteristiche delle emissioni di ogni motore.

ID	UM	Camino motore
Height	[m]	26
Diam	[m]	0.70
Exit_Vel	[m/s]	18
Exit_Temp	[K]	698
CO	[g/s]	1.166
PM10	[g/s]	0.114
NOX	[g/s]	9.072
SO2	[g/s]	0.007

Le emissioni dei motori di generazione elettrica di emergenza avvengono nelle seguenti condizioni:

Test periodico

Le frequenze delle operazioni di manutenzione (fase di testing) dei singoli generatori prevede il test al 100% del carico per 10' di funzionamento per una volta al mese.

Lo scenario utilizzato per stimare l'impatto sull'atmosfera è il funzionamento giornaliero di un singolo generatore con una frequenza mensile. In dettaglio, un generatore viene attivato ogni giorno e il giorno successivo verrà attivato un altro generatore finché non saranno stati testati tutti quelli presenti.

Black building

Questo scenario di test prevede l'avviamento di tutti i generatori presenti in un building al 100%. La procedura di accensione e test dura complessivamente circa 4 ore; infatti, si procede in successione all'attivazione dei singoli generatori fino all'esercizio contemporaneo di tutti quelli presenti. Il funzionamento dei generatori accesi contemporaneamente dura circa 1 ora per poi procedere in successione inversa al loro spegnimento.

Emergenza

Lo scenario di emergenza viene utilizzato in caso di blackout, in particolare quando il Campus non può essere alimentato con la corrente elettrica. In questa fase tutti i generatori vengono attivati contemporanea per soddisfare il fabbisogno energetico. Come indicato in premessa, sulla base dell'analisi statistica dei dati degli anni pregressi, considerando la stabilità della rete di alimentazione primaria, la condizione di emergenza non ha mai superato, cumulativamente, un'ora di durata l'anno. Per la condizione di emergenza si considera, pertanto, una durata di accensione simultanea dei gruppi elettrogeni pari a 1h. Dal momento che, come

detto, ciascun datacenter possiede gruppi elettrogeni ridondanti, in caso di emergenza sarà attivo il 100% di tutti i generatori installati.

Gli inquinanti presi in considerazione per le simulazioni sono quelli significativi per la qualità dell'aria locale, cioè biossido di azoto NO2, monossido di carbonio CO e polveri PM, anche in ragione del fatto che sono gli inquinanti che hanno valori limite di legge sulla media annuale. Inoltre, sono state integrate le simulazioni con il parametro SO2.

Gli scenari simulati, presentati nei seguenti capitoli, ricomprendono le seguenti condizione di attivazione dei generatori:

- Scenario di test periodici
- Scenario di test periodici + black building
- Scenario di esercizio: test periodici + black building + emergenza

6 CONFIGURAZIONE DEL CODICE

6.1 Applicazione del codice CALPUFF

Al fine di simulare lo scenario di esercizio si è sviluppato un approccio specifico per le simulazioni modellistiche:

- si sono simulate le emissioni dei generatori, considerate costanti ed al 100% del carico, per tutte le ore dell'anno solare preso a riferimento così da determinare le ricadute in aria ambiente che considerino le peggiori condizioni meteorologiche.
- Si sono simulati separatamente le condizioni di TEST, quello BLACK BUILDING e quello di EMERGENZA, con le specifiche illustrate al capitolo precedente.
- I risultati delle simulazioni sono stati valutati come serie temporale oraria e giornaliera per i singoli inquinanti, così come richiesto dalla normativa, e sommati ai valori di qualità dell'aria della stazione di monitoraggio presa a riferimento.
- Si sono elaborate le statistiche per i parametri previsti dalla normativa per la verifica del rispetto dei valori limite considerando lo scenario "cumulato" ovvero: ricadute per l'anno solare determinate dalla somma delle emissioni di test per tutti i generatori installati sommate ad un evento di emergenza sommate ai valori di qualità dell'aria.

In questo modo lo scenario "cumulato" descrive la previsione di impatto e lo scenario post operam della qualità dell'aria nel dominio di calcolo.

L'applicazione del codice di calcolo CALPUFF MODEL SYSTEM è stata sviluppata secondo quanto riportato di seguito nella tabella e predisponendo i necessari dati di ingresso per le simulazioni del periodo solare dell'anno 2023. Nella seguente tabella sono descritti i parametri utilizzati per le simulazioni con i codici meteorologico CALMET, di dispersione degli inquinanti CALPUFF e di post processamento dei dati CALPOST.

Tabella 11: Configurazione CALPUFF MODEL SYSTEM

Input

Periodo	anno solare 2023
Dominio di calcolo meteorologico	griglia di calcolo di 20 celle per 20 celle di passo 0.4 km per una estensione del dominio di 8 km in direzione N-S e 8 km in direzione E-W.
Dominio di calcolo per la dispersione	Griglia di sampling di 80 celle per 80 celle di passo 100 metri per una estensione di 8 km in direzione N-S e 8 km in direzione E-W [fattore di nesting pari a 4].
Emissioni Gas e Polveri	Le emissioni sono state inserite come sorgenti puntuali (camini) secondo quanto descritto nel capitolo precedente e per i parametri richiesti nel punto Subgroup (13b) POINT SOURCE di CALPUFF.
Meteorologia	Il file SURFACE.DAT: come dati di superficie sono stati inseriti i dati meteo alla quota di 10 m s.l.s. registrati dalla stazione CNR Tor Vergata (ROMA). Il file UPAIR.DAT: i dati in quota sono stati utilizzati dati relativi a radiosondaggi resi disponibili dalla banca dati di un modello meteorologico previsionale fornito da WRF LAMMA Regione Toscana.

Simulazioni

Meteorologia CALMET	Sono state effettuate simulazioni "short term" per la valutazione del campo di vento e determinazione dei parametri micrometeorologici su scala temporale oraria per il periodo di riferimento (anno 2023: 8760 ore).
Dispersione CALPUFF	Sono state effettuate simulazioni "short term" per la valutazione della dispersione degli inquinanti emessi su scala temporale oraria per il periodo di riferimento (anno 2023: 8760 ore). Le simulazioni sono state effettuate considerando l'effetto edificio e disattivando la deposizione secca ed umida. Le emissioni sono state inserite come costanti sull'arco delle 24 ore.

Output

CALPOST	Sono stati elaborati i dati di concentrazioni di tutti gli inquinanti considerati per lo scenario emissivo per CALPUFF su di un set di punti griglia "recettori a griglia" tali da ottenere le mappe di isonconcentrazione sul dominio di indagine.

6.2 Sorgenti

Nella seguente tabella e figura il dettaglio delle sorgenti.

ID	Height	Diam	Exit_Vel	Exit_Temp	CO	PM10	NOX	SO2	X1	Y1
	[m]	[m]	[m/s]	[K]	[g/s]	[g/s]	[g/s]	[g/s]	[m]	[m]
SRC_1	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303455	4644594
SRC_2	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303459	4644596
SRC_3	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303464	4644598
SRC_4	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303469	4644599
SRC_5	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303473	4644601
SRC_6	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303525	4644622
SRC_7	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303530	4644624
SRC_8	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303534	4644626
SRC_9	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303539	4644627
SRC_10	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303543	4644629
SRC_11	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303596	4644650
SRC_12	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303600	4644652
SRC_13	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303605	4644654
SRC_14	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303609	4644656
SRC_15	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303614	4644657
SRC_16	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303597	4644762
SRC_17	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303605	4644756
SRC_18	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303612	4644751
SRC_19	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303620	4644745
SRC_20	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303623	4644750
SRC_21	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303626	4644753
SRC_22	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303628	4644757
SRC_23	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303631	4644761
SRC_24	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303634	4644765
SRC_25	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303642	4644777
SRC_26	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303645	4644780
SRC_27	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303648	4644784
SRC_28	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303651	4644789
SRC_29	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303653	4644792
SRC_30	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303656	4644797
SRC_31	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303648	4644802
SRC_32	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303641	4644808
SRC_33	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303634	4644812
SRC_34	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303642	4644823
SRC_35	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303650	4644817
SRC_36	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303657	4644812
SRC_37	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303664	4644807
SRC_38	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303668	4644811
SRC_39	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303670	4644815
SRC_40	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303673	4644818

ID	Height	Diam	Exit_Vel	Exit_Temp	CO	PM10	NOX	SO2	X1	Y1
	[m]	[m]	[m/s]	[K]	[g/s]	[g/s]	[g/s]	[g/s]	[m]	[m]
SRC_41	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303676	4644822
SRC_42	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303678	4644826
SRC_43	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303687	4644838
SRC_44	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303690	4644842
SRC_45	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303692	4644845
SRC_46	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303695	4644850
SRC_47	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303698	4644853
SRC_48	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303701	4644858
SRC_49	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303693	4644863
SRC_50	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303685	4644869
SRC_51	26	0.7	18	698	1.166	0.114	9.072	0.007	303678	4644874

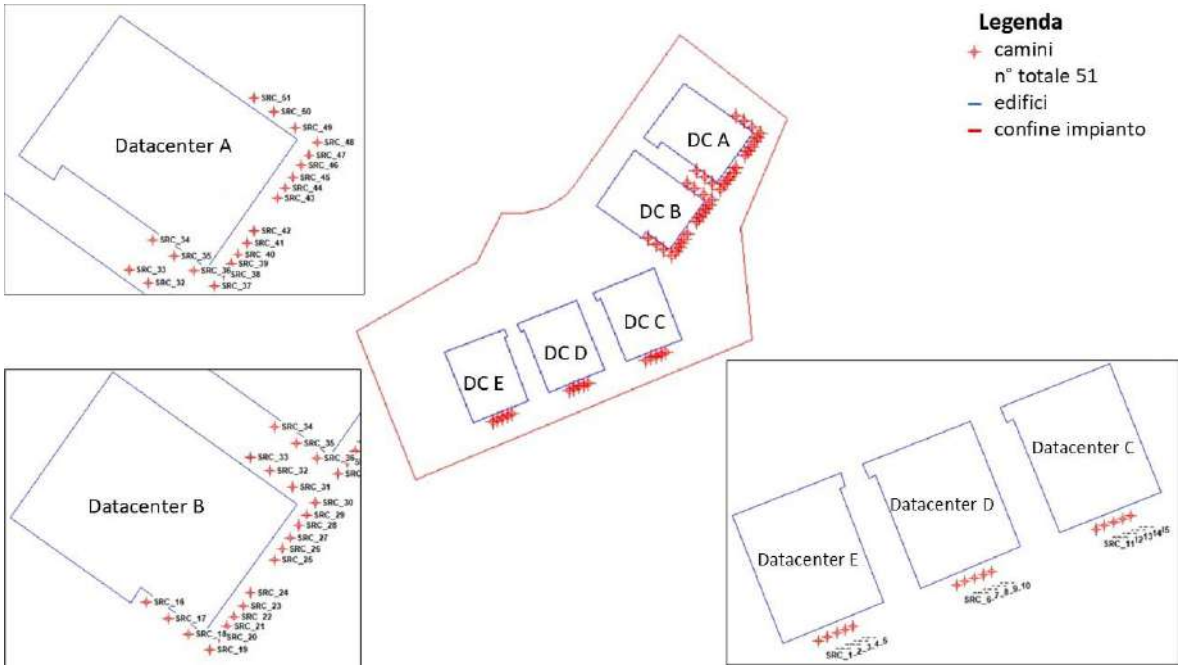


Figura 8: localizzazione delle sorgenti di emissione.

6.3 Effetto edificio

Per le simulazioni svolte è stata presa in considerazione la possibile interazione tra le emissioni degli effluenti dai camini e la presenza di edifici che potessero influenzare la dispersione in aria degli stessi. Infatti, il fenomeno indicato come building downwash è da ritenersi rilevante se la distanza tra il camino e l'edificio

risulta inferiore a cinque volte il minore tra i valori o della larghezza dell'edificio o della sua altezza. Pertanto, si è valutato di dover tenere di conto anche di questo nelle simulazioni svolte con CALPUFF. Gli edifici indicati di seguito sono stati inseriti nel codice con una altezza sul piano di campagna pari a 20 metri. La geometria degli edifici è stata inserita nel software BPIP di US-EPA per calcolare i parametri necessari alla configurazione del codice di calcolo CALPUFF.

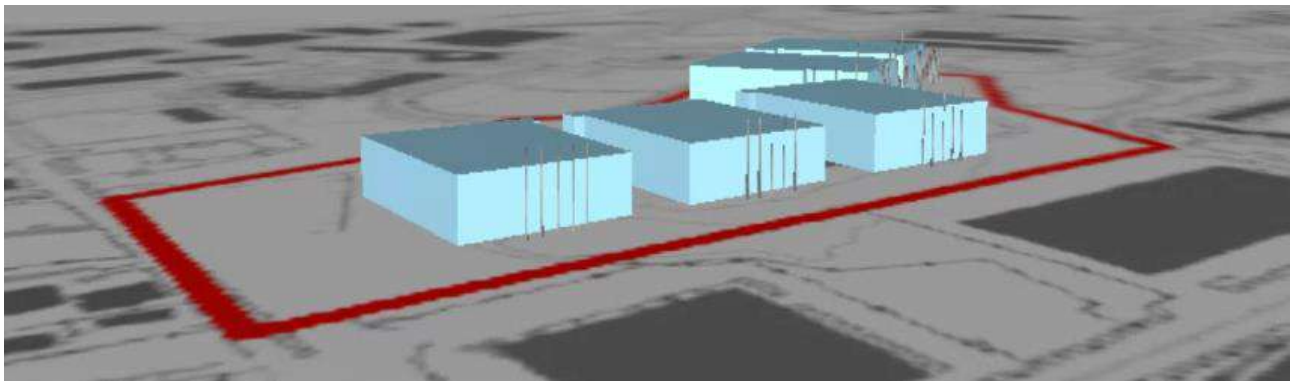


Figura 9: edifici considerati nella simulazione di CALPUFF.

Tabella 12 - Caratteristiche degli edifici esistenti e in progetto considerati per la valutazione del Building Downwash

Descrizione	Altezza del punto piu alto; (m)	Vertice 1 Coordinate X, Y (m)	Vertice 2 Coordinate X, Y (m)	Vertice 3 Coordinate X, Y (m)	Vertice 4 Coordinate X, Y (m)	Vertice 5 Coordinate X, Y (m)	Vertice 6 Coordinate X, Y (m)
Datacenter A	20	303630	303694	303662	303610	303607	303594
		4644903	4644859	4644813	4644850	4644845	4644853
Datacenter B	20	303586	303650	303617	303595	303592	303550
		4644842	4644796	4644751	4644767	4644762	4644791
Datacenter C	20	303547	303603	303629	303578	303554	303551
		4644712	4644734	4644669	4644649	4644706	4644704
Datacenter D	20	303477	303532	303557	303507	303484	303481
		4644683	4644705	4644641	4644620	4644678	4644676
Datacenter E	20	303411	303437	303488	303466	303469	303466
		4644657	4644592	4644613	4644670	4644672	4644678

6.4 ARM2 per il calcolo degli NO2

Al fine stimare l'impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni inquinanti derivanti dalle emissioni del Campus ed in relazione al fatto che il sistema modellistico applicato studia l'impatto degli inquinanti primari, dunque gli ossidi di azoto nel loro complesso, si pone l'attenzione sulla metodologia necessaria a riportare i risultati modellistici calcolati in termini di NOx come concentrazioni in aria di NO2 in modo da poterli confrontare con i valori limite riportati nel DLgs 155/2010 e smi.

La relazione tra NO2 ed NOx è oggetto di numerosi studi ed è stata formalizzata in una procedura che impiega il metodo ARM2 (Ambient Ratio Method Version 2) adottato da US-EPA che permette di sviluppare questo calcolo per applicazioni di modellistica ambientale diffusionale.

Nella metodologia ARM2 la concentrazione di biossido di azoto [NO2] è calcolata, partendo dalle stime di quella di ossidi di azoto [NOX], applicando la seguente relazione:

$$[NO_2] = f(x) \; ; \; x = \text{concentrazione di NOx}$$

dove f(x) è una curva di regressione polinomiale.

Questa relazione è determinata utilizzando una base di dati misurati dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria, e per le quali si deve provvedere ad elaborare le serie storiche di concentrazioni medie orarie di NOx e NO2 così da calcolare i rapporti tra NO2 e NOx per poi costruire un modello regressivo che interpreti la relazione e che ne permetta l'applicazione ai risultati del modello di dispersione. Si è proceduto, in ogni modo, ad applicare la formulazione sviluppata nella trattazione ARM2 utilizzando la formula riportata di seguito:

$$NO2/NOx = -1.1723E\text{-}17\, x^6 + 4.2795E\text{-}14\, x^5 - 5.8345E\text{-}11\, x^4 + 3.4555E\text{-}08\, x^3 - 5.6062E\text{-}06\, x^2 - 2.7383E\text{-}03\, x + 1.2441E\text{+}00$$

Il valore di concentrazione di NO2 è quindi calcolato applicando la formula di cui sopra al valore di NOx stimato dal modello di dispersione CALPUFF per il valore del rapporto NO2/NOx calcolato con la formula precedente. L'applicazione di questa formula alla serie temporale oraria di NOx stimata da CALPUFF in ognuno dei recettori puntuali e lo scenario di simulazione ha permesso di calcolare il valore di concentrazione di NO2 da confrontare con i valori di qualità dell'aria.

6.5 Recettori

Nella seguente tabella si mostrano i recettori individuati per lo studio di impatto sulla qualità dell'aria.

Tabella 13: recettori individuati per lo studio.

ID	X UTM F32 WGS84 [m]	Y UTM F32 WGS84 [m]	Tipologia	Altezza su piano di campagna [m slm]
R1	303727.7	4644715	Abitazione	2
R2	303768.3	4645010	Direzionale	2

R3	303352.7	4644576	Abitazione	2
R4	303396.7	4644890	Direzionale	2
R5	303204.6	4645546	Abitazione	2
R6	304167.8	4644511	Abitazione	2

Nella figura seguente la rappresentazione nell'area di studio dei recettori individuati.

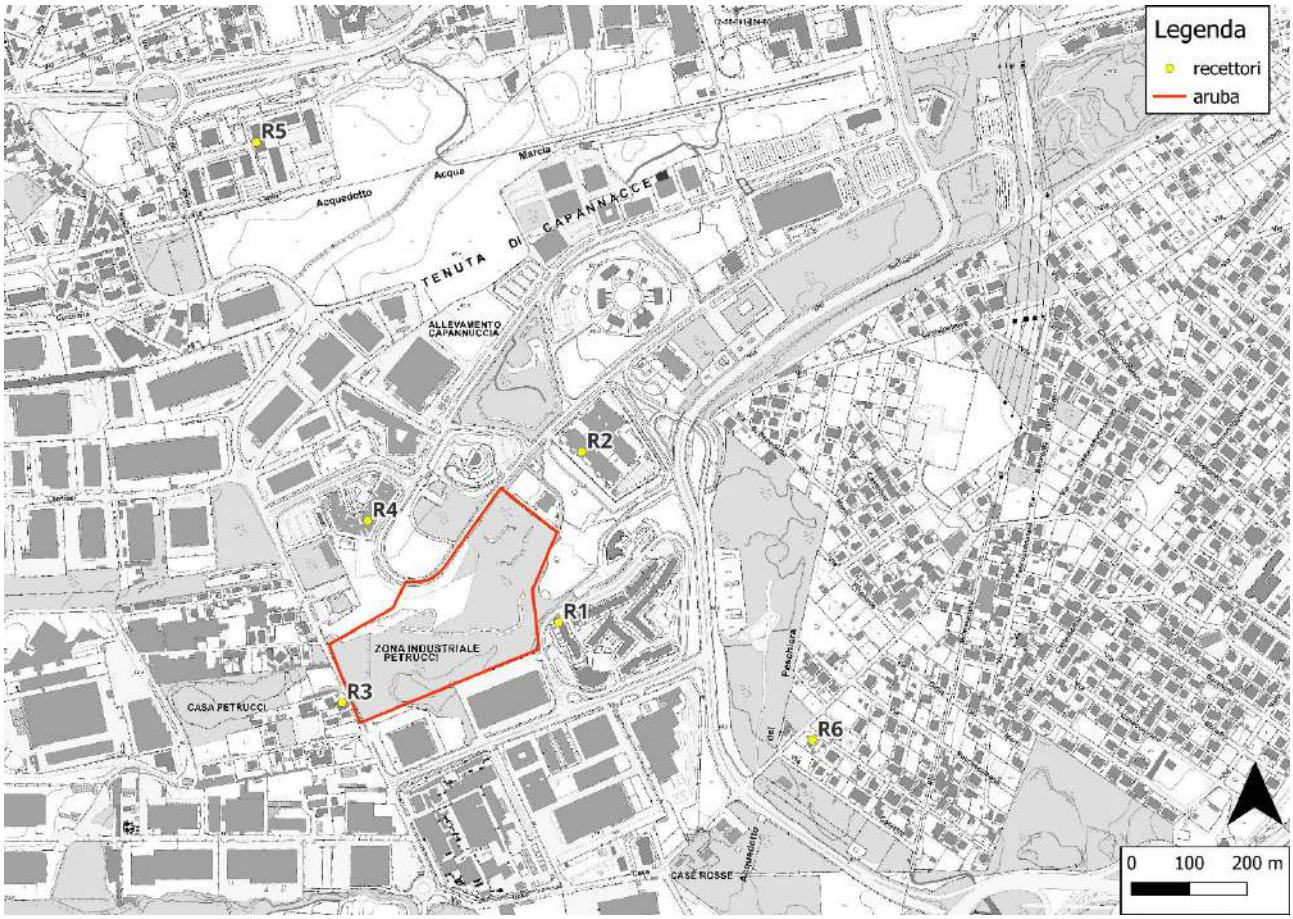


Figura 10 recettori selezionati per lo studio di dispersione con CALPUFF.

6.6 Applicazione del codice CALMET

Dall'applicazione del codice CALMET si sono estratti tramite il processore PRTMET i dati meteorologi orari in corrispondenza di:

- area dell'impianto

Si rappresentano di seguito la rosa dei venti dei dati estratti da CALMET per l'anno della simulazione.

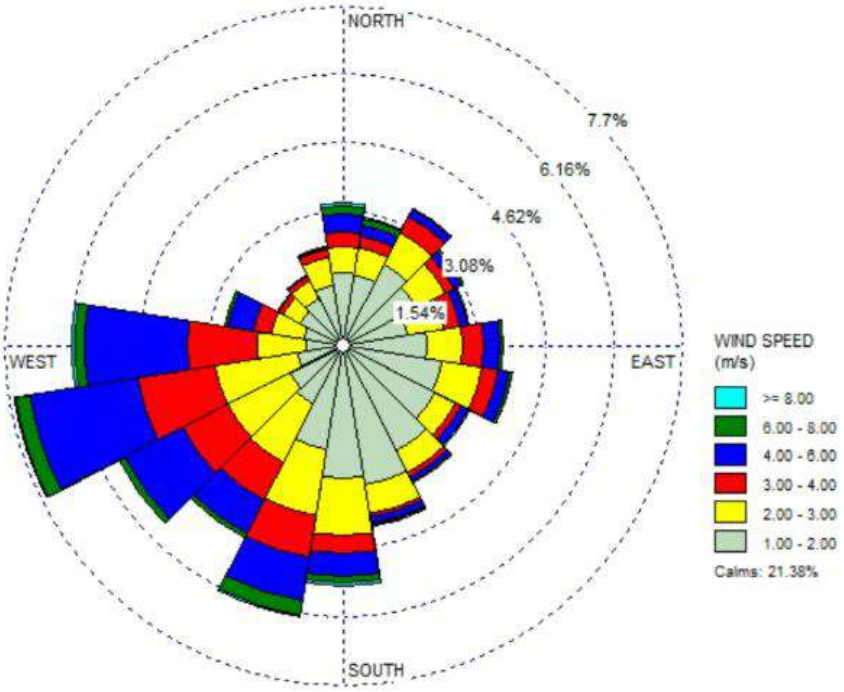


Figura 11: rosa dei venti estratta da CALMET in corrispondenza del Campus.

Come mostrato nelle figure rappresentate all'interno del dominio di calcolo il campo di vento non differisce in modo evidente da quello descritto dai dati della stazione meteorologica utilizzata come input.

7 RISULTATI

Definita la griglia di calcolo e localizzati i punti recettori puntuali, è possibile rappresentare i dati di concentrazione degli inquinanti, stimati dal modello CALPUFF tramite mappe di isoconcentrazione e tabelle di concentrazioni valutate secondo gli indici statistici di qualità dell'aria.

Per tutte le simulazioni si è applicato il modello ARM2 di US-EPA per il calcolo delle concentrazioni di NO2 a partire dalle ricadute di NOx simulate da CALPUFF.

7.1 Elaborazioni statistiche relative ai black building test

Al fine di valutare i risultati delle simulazioni si sono elaborate le serie temporali di concentrazione predette dal modello CALPUFF nei recettori individuati. La sintesi delle valutazioni è rappresentata nella tabella seguente dove si mostra la probabilità di accadimento, per mese dell'anno, di ore in cui le concentrazioni di NO2 sono superiori al valore di 200 µg/m3.

Tabella 14: Elaborazioni statistiche delle medie orarie di NO2 per le emissioni Black building test

NO2 concentrazione oraria mese	Numero di ore <200 µg/m³	Numero di ore > 200 µg/m³	Totale ore mese	ore DIURNE al mese 8-18	Back Building TEST ore totali anno	Probabilità che nelle 4 ore di TEST si verifichi un superamento di 200 µg/m³
gen	706	38	744	341	20	11.1%
feb	646	26	672	308	20	8.4%
mar	717	27	744	341	20	7.9%
apr	700	20	720	330	20	6.1%
mag	725	19	744	341	20	5.6%
giu	719	1	720	330	20	0.3%
lug	744	1	744	341	20	0.3%
ago	743	1	744	341	20	0.3%
set	715	5	720	330	20	1.5%
ott	724	20	744	341	20	5.9%
nov	697	23	720	330	20	7.0%
dic	728	15	744	341	20	4.4%
Totale complessivo	8564	196	8760	4015	--	--

Nella peggiore ipotesi, che il BLACK-BUILDING TEST si svolga nel mese di gennaio per una durata di 4 ore, il numero di ore prevedibili che potrebbero superare il valore limite di 200 micg/m3 è inferiore ad a 1 ora.

Considerando che il BLACKBUILDING TEST va ripetuto per ognuno dei building (totale di 5 nel progetto) si può cautelativamente ipotizzare un numero di ore massime di superamenti del limite di 200 micg/m3 su scala annuale pari a circa 5 ore.

7.2 Recettori

Si presentano le tabelle che fanno riferimento agli scenari emissivi simulati rappresentativi dell'anno solare simulato il 2023 relativamente al parametro di media annuale per tutti gli inquinanti simulati.

7.3 Biossido di azoto NO2

Nelle tabelle seguenti i risultati per gli scenari elaborati.

SCENARIO TEST PERIODICI 10 minuti/mese 1 GE per volta		
NO2	**media anno presso i recettori** [µg/m³]	**99.8° percentile** [µg/m³]
R1	0.005	6.88
R2	0.002	7.88
R3	0.003	7.42
R4	0.005	15.43
R5	0.001	5.82
R6	0.002	5.08
Valore limite	**40**	**200**

SCENARIO TEST PERIODICI + BLACK BUILDING 1 ora/anno per singolo building + 10 minuti/mese 1 GE per volta		
NO2	**media anno presso i recettori** [µg/m³]	**99.8° percentile** [µg/m³]
R1	0.127	7.11
R2	0.060	8.14
R3	0.069	8.32
R4	0.130	15.94
R5	0.036	5.94
R6	0.041	5.24
Valore limite	**40**	**200**

SCENARIO ESERCIZIO Test + Black Building + Emergenza		
NO2	**media anno presso i recettori** [µg/m³]	**99.8° percentile** [µg/m³]
R1	0.157	7.12
R2	0.074	8.14
R3	0.086	8.44
R4	0.161	16.20
R5	0.044	5.94
R6	0.051	5.27
Valore limite	**40**	**200**

7.4 Polveri PM10

Nelle tabelle seguenti i risultati per gli scenari elaborati.

SCENARIO TEST PERIODICI 10 minuti/mese 1 GE per volta		
PM10	**media anno presso i recettori** [µg/m³]	**90.4° percentile medie giorno** [µg/m³]
R1	0.0009	0.0018
R2	0.0004	0.0012
R3	0.0005	0.0012
R4	0.0009	0.0025
R5	0.0002	0.0006
R6	0.0003	0.0007
Valore limite	**40**	**50**

SCENARIO TEST PERIODICI + BLACK BUILDING 1 ora/anno per singolo building + 10 minuti/mese 1 GE per volta		
PM10	**media anno presso i recettori** [µg/m³]	**90.4° percentile medie giorno** [µg/m³]

R1	0.0034	0.0019
R2	0.0028	0.0013
R3	0.0032	0.0012
R4	0.0083	0.0027
R5	0.0017	0.0006
R6	0.0016	0.0007
Valore limite	**40**	**50**

SCENARIO ESERCIZIO **Test + Back Building + Emergenza**		
PM10	**media anno presso i recettori** [µg/m³]	**90.4° percentile medie giorno** [µg/m³]
R1	0.0072	0.0019
R2	0.0064	0.0013
R3	0.0072	0.0012
R4	0.0192	0.0028
R5	0.0040	0.0007
R6	0.0036	0.0007
Valore limite	**40**	**50**

7.5 Monossido di carbonio

Nelle tabelle seguenti i risultati per gli scenari elaborati.

Massimo delle medie di 8 ore presso i recettori [µg/m³]			
CO	**SCENARIO TEST** 1 ora/mese 1 GE per volta	**SCENARIO BLACK BUILDING + TEST PERIODICI** 1 ora/anno per singolo building + 10 minuti/mese 1 GE per volta	**SCENARIO ESERCIZIO** Test + Back Building + Emergenza
R1	0.18	56.06	89.70
R2	0.21	64.00	102.41
R3	0.17	50.88	81.41
R4	0.48	145.78	233.25
R5	0.13	40.48	64.76
R6	0.12	38.02	60.83

Valore limite	**10000**	**10000**	**10000**

7.6 Biossido di zolfo SO2

Nelle tabelle seguenti i risultati per gli scenari elaborati.

SCENARIO TEST PERIODICI Test			
SO2	**media anno presso i recettori** [µg/m³]	**99.72° percentile medie orarie** [µg/m³]	**99.17° percentile medie giorno** [µg/m³]
R1	0.00009	0.0616	0.0258
R2	0.00004	0.0724	0.0224
R3	0.00005	0.0648	0.0234
R4	0.00009	0.1342	0.0683
R5	0.00002	0.0524	0.0145
R6	0.00003	0.0446	0.0132
Valore limite	**30**	**350**	**125**

SCENARIO TEST PERIODICI + BLACK BUILDING Test + Back Building			
SO2	**media anno presso i recettori** [µg/m³]	**99.72° percentile medie orarie** [µg/m³]	**99.17° percentile medie giorno** [µg/m³]
R1	0.00028	0.06300	0.03153
R2	0.00013	0.07285	0.02725
R3	0.00015	0.06705	0.03088
R4	0.00028	0.14071	0.06952
R5	0.00007	0.05342	0.01624
R6	0.00009	0.04600	0.01451
Valore limite	**30**	**350**	**125**

SCENARIO ESERCIZIO Test + Back Building + Emergenza (1 h)			
SO2	**media anno presso i recettori** [µg/m³]	**99.72° percentile medie orarie** [µg/m³]	**99.17° percentile medie giorno** [µg/m³]
R1	0.00032	0.06302	0.03153

R2	0.00015	0.07294	0.02725
R3	0.00017	0.06830	0.03088
R4	0.00033	0.14240	0.06952
R5	0.00009	0.05365	0.01624
R6	0.00010	0.04687	0.01451
Valore limite	**30**	**350**	**125**

7.7 Qualità dell'aria futura.

Al fine di valutare il reale impatto sulla qualità dell'aria futura si è provveduto a sommare ai valori di concentrazione misurati dalla centralina Bufalotta per l'anno 2023 a quelli predetti dal modello di simulazione nei recettori individuati. Di seguito si mostra la serie temporale acquisita dal sito di ARPA Lazio https://www.arpalazio.net/main/aria/sci/basedati/chimici/chimici.php .

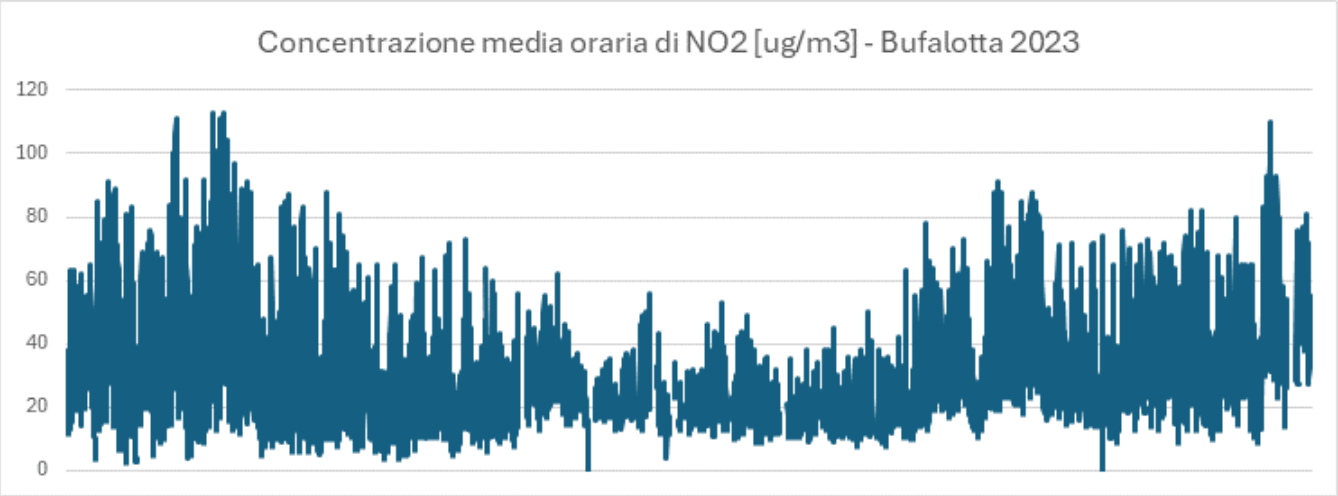


Figura 12: serie temporale di concentrazione di NO2 per la stazione di Bufalotta per l'anno 2023 [Arpa Lazio]

Bufalotta	**UM**	**Anno 2023**
Dati validi	N° ore	7631
Dati validi	%	87.1%
media	µg/m3	29.9
Percentile 99.8°	µg/m3	101
Superamenti del valore di 200	N° ore	0
Massimo	µg/m3	113.00

Nella tabella seguente si mostrano i dati rielaborati considerando lo scenario di massimo impatto relativo all'ESERCIZIO del Campus (Test + Back Building + Emergenza 1h).

NO2	**Modello CALPUFF** µg/m³	**Modello CALPUFF** µg/m³	**Qualità dell'aria POST OPERAM (CALPUFF + QA)**	**Qualità dell'aria POST OPERAM (CALPUFF + QA)**
	NO2 media annuale	**NO2 percentile 99.8° delle medie orarie**	**NO2 media annuale**	**NO2 percentile 99.8° delle medie orarie**
R1	0.16	6.88	30.11	106.00
R2	0.07	7.88	30.02	106.00
R3	0.09	7.42	30.03	105.00
R4	0.16	15.43	30.11	129.87
R5	0.04	5.82	29.99	111.00
R6	0.05	5.08	30.00	104.03
Valore limite	**40**	**200**	**40**	**200**

Come evidente non ci sono significative modificazioni della qualità dell'aria in nessuno dei recettori studiati. Infatti, la qualità dell'aria nei recettori rispetto alle misure della stazione della rete regionale varia di valori inferiori al 10% per quanto riguarda la media annuale. Mentre per i valori sul breve periodo, medie orarie, non si stimano superamenti del valore di 200 nello scenario futuro.

7.8 Mappe di isoconcentrazione

Si presentano le mappe che fanno riferimento allo scenario cumulato di massimo impatto lo scenario di esercizio (TEST + BLACK BUILDING TEST + EMERGENZA) rappresentativi dell'anno solare simulato il 2023.

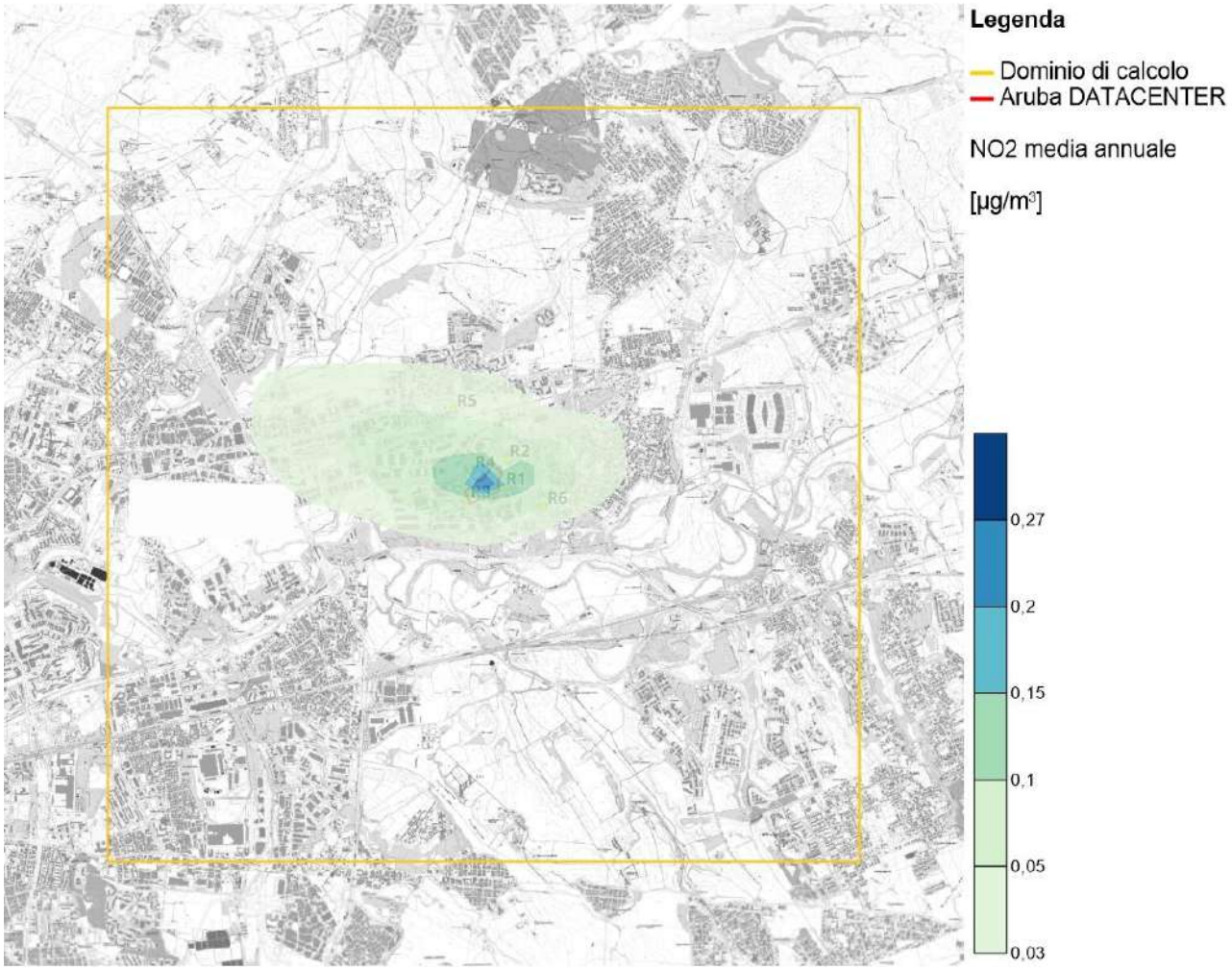


Figura 13: concentrazione del biossido di azoto, media annuale, per lo scenario di ESERCIZIO

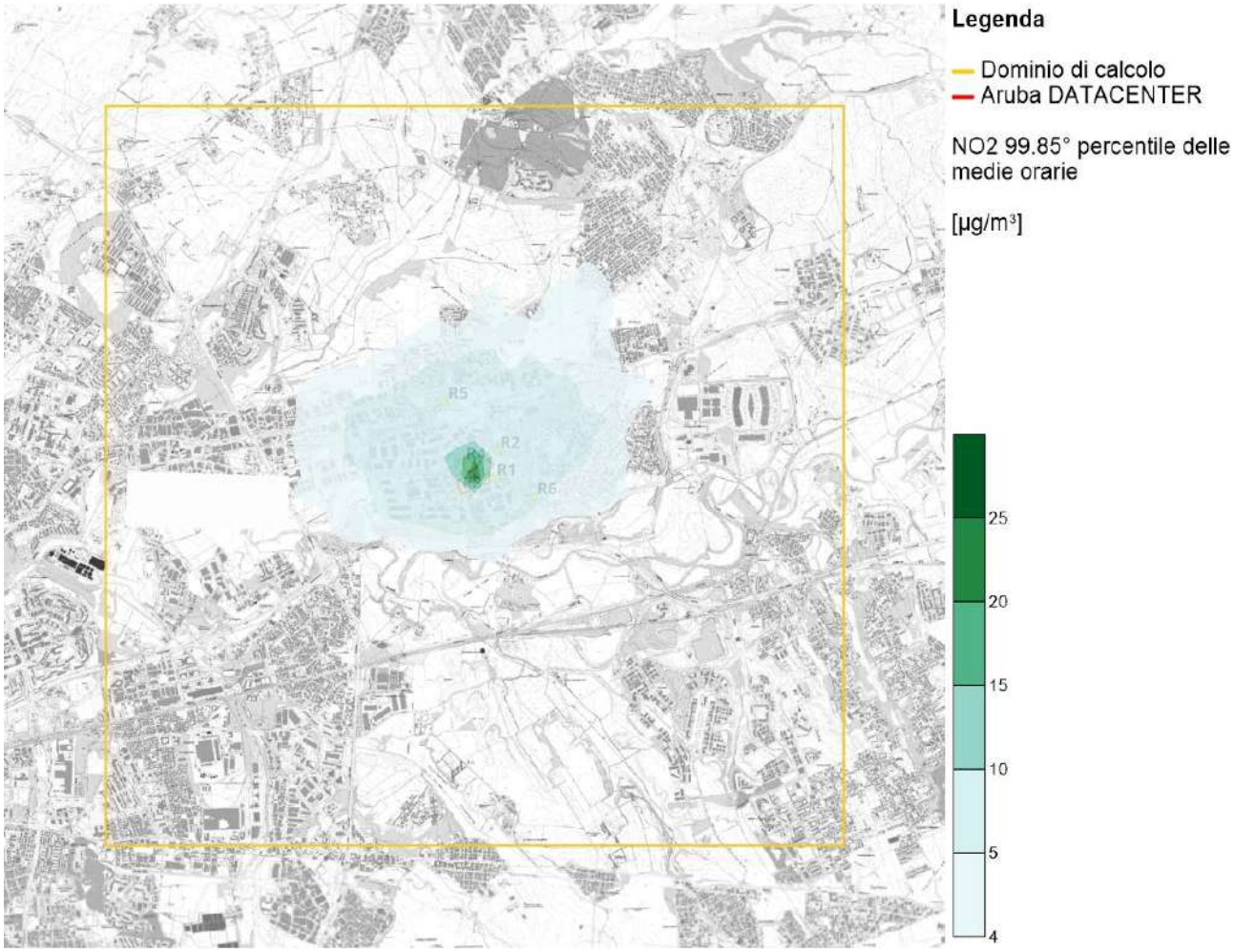


Figura 14: concentrazione del biossido di azoto, 99.85° percentile delle medie orarie per lo scenario di ESERCIZIO

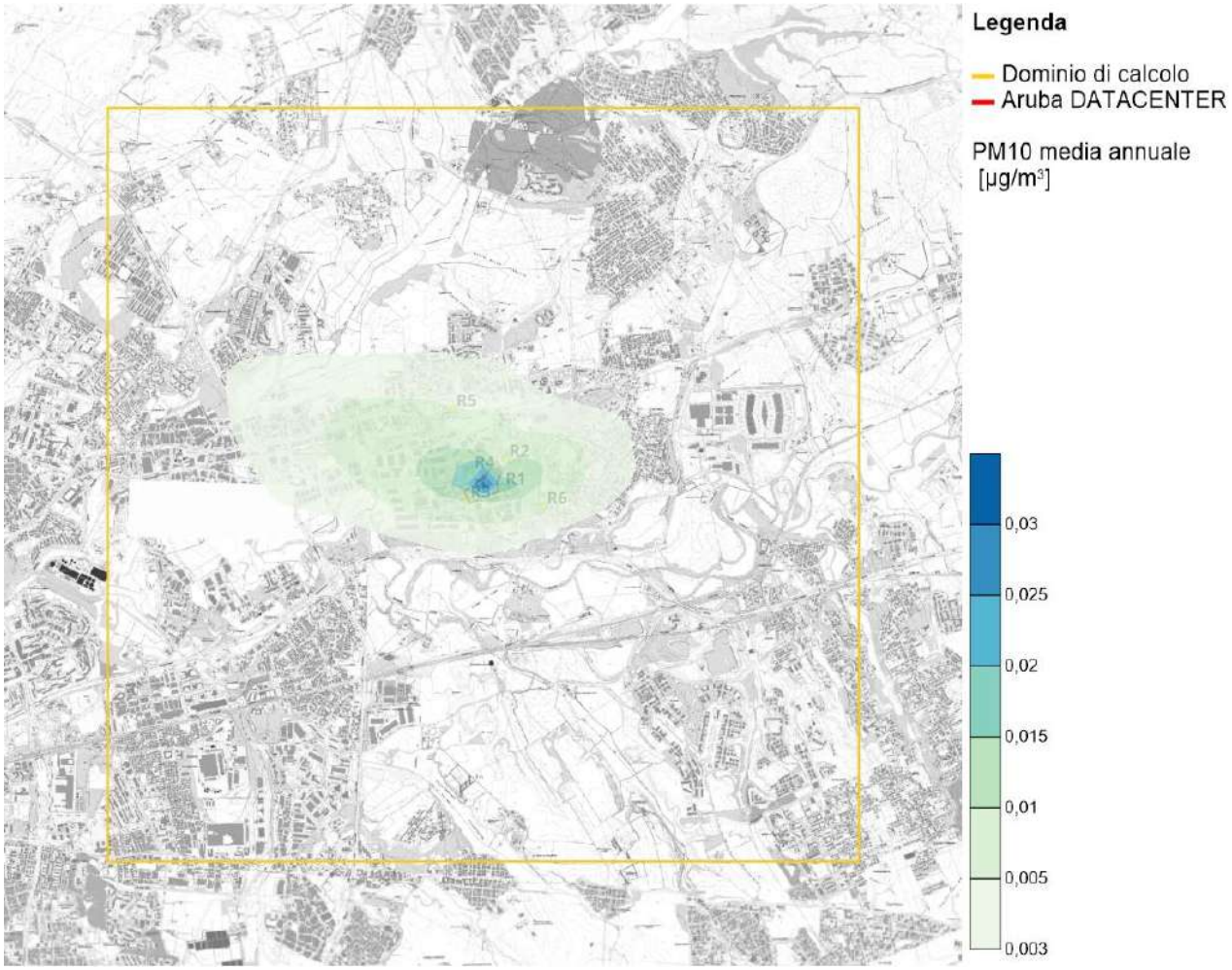


Figura 15: concentrazione del PM10, media annuale, per lo scenario di ESERCIZIO

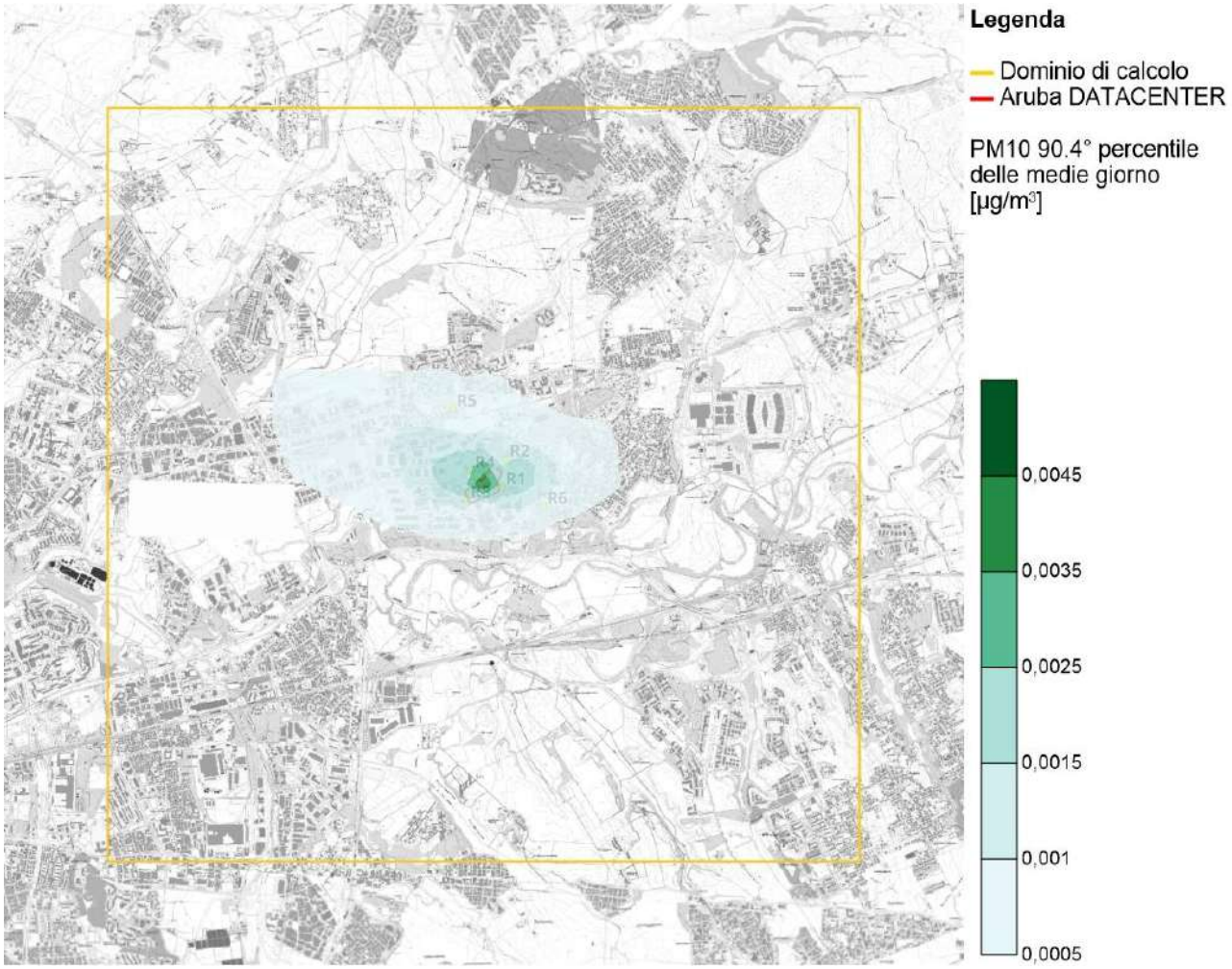


Figura 16: concentrazione del PM10, 90.4° percentile delle medie giorno per lo scenario di ESERCIZIO

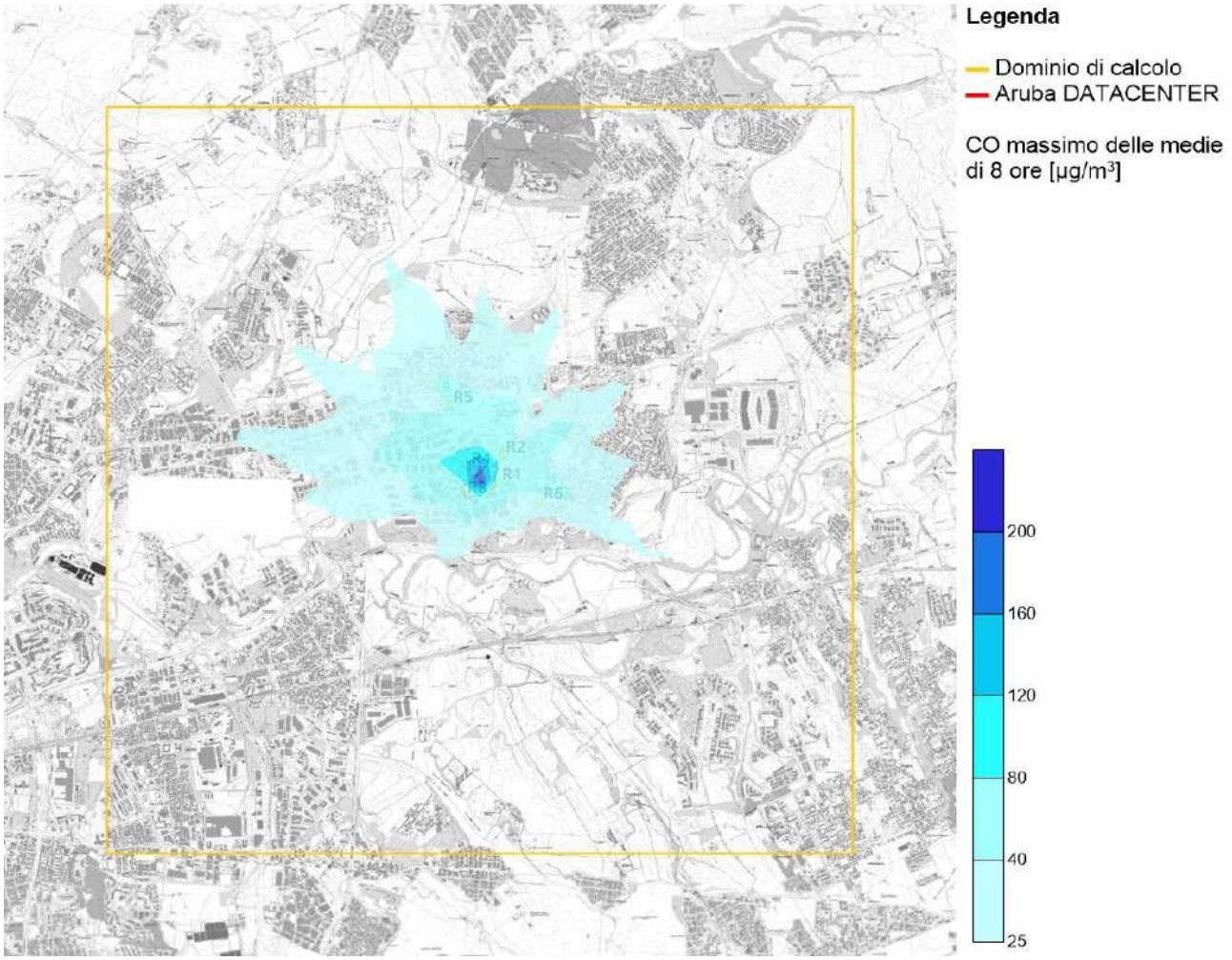


Figura 17: concentrazione del monossido di carbonio massimo delle medie su 8 ore per lo scenario di ESERCIZIO

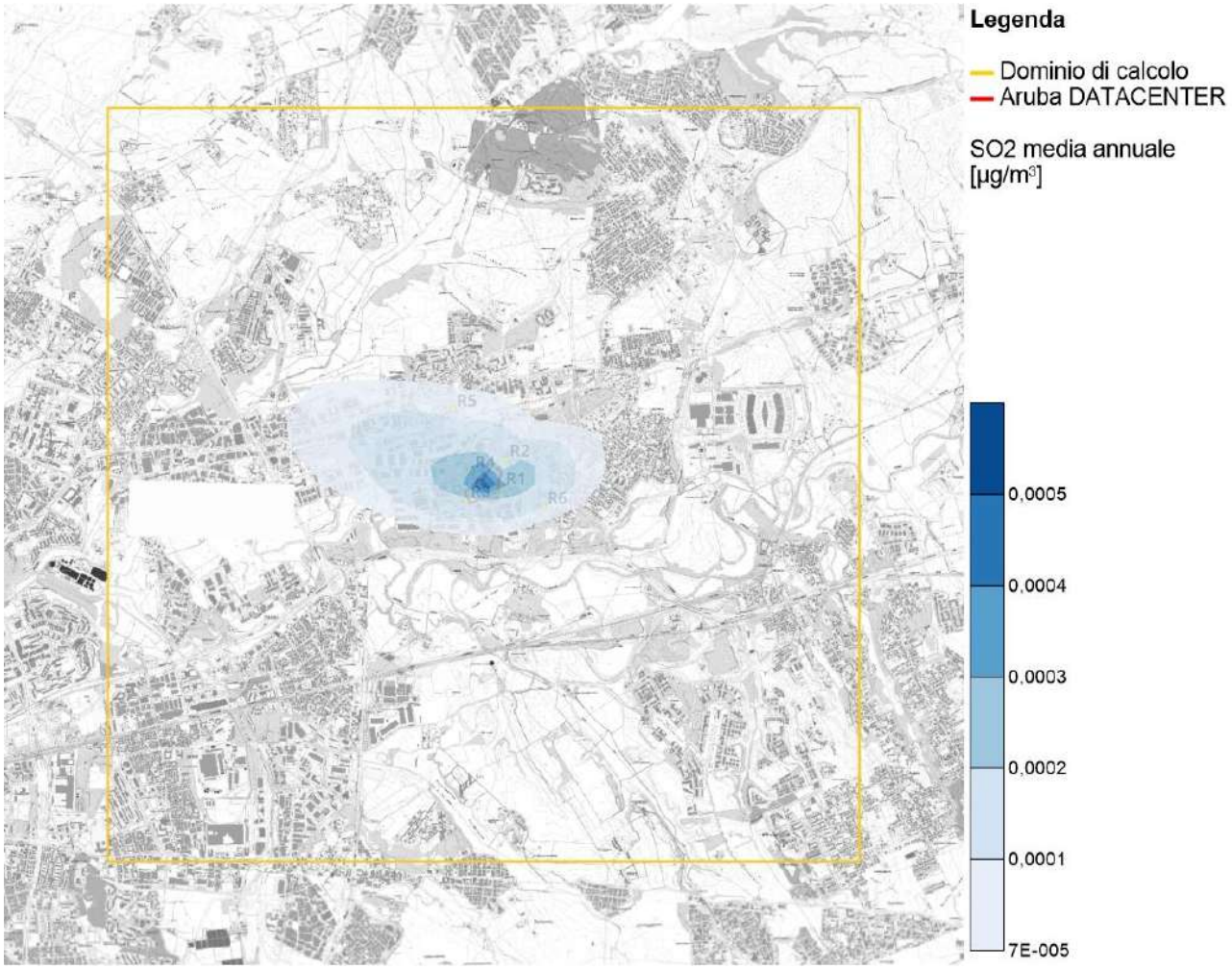


Figura 18: concentrazione del SO2, media annuale, per lo scenario di ESERCIZIO

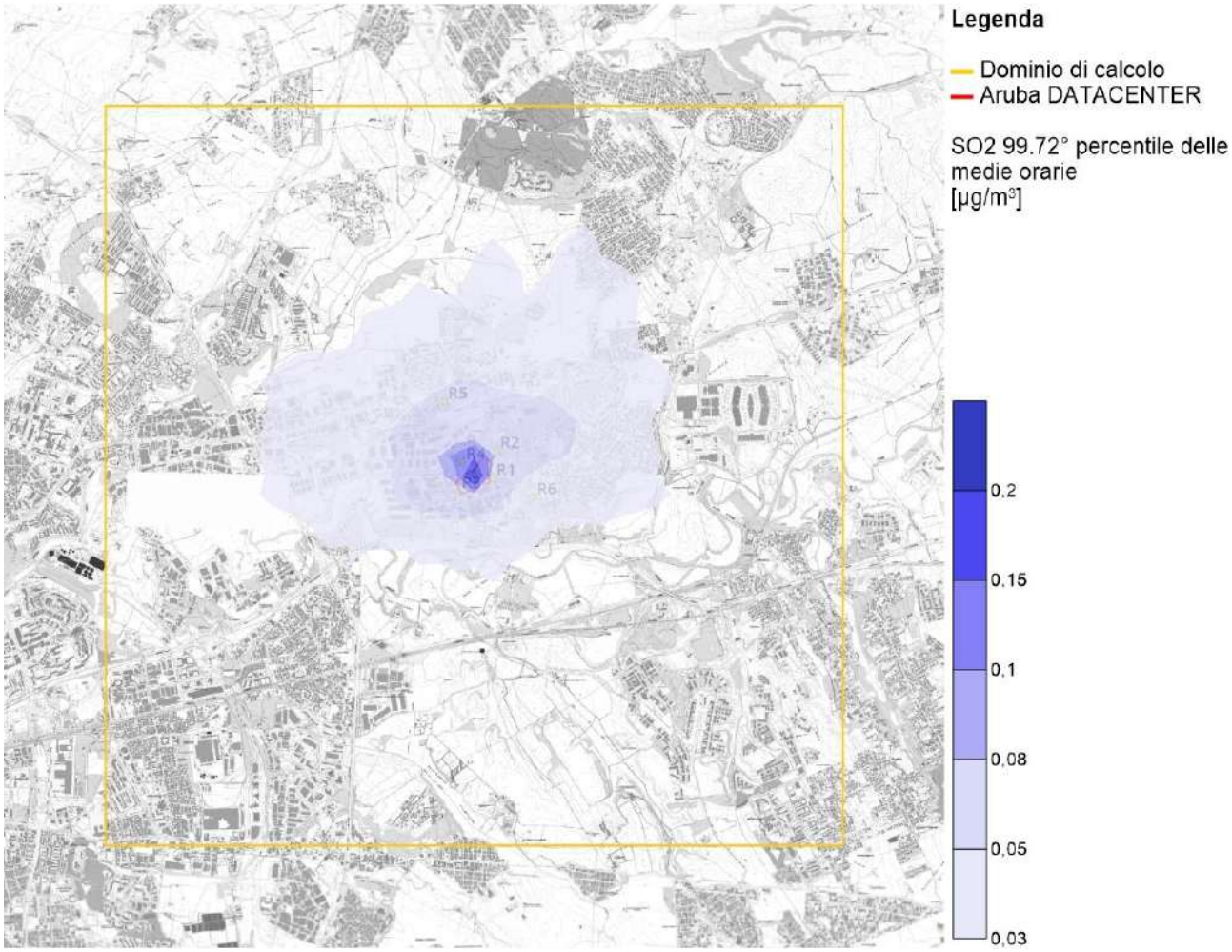


Figura 19: concentrazione del SO2, 99.7° percentile delle medie ora per lo scenario di ESERCIZIO

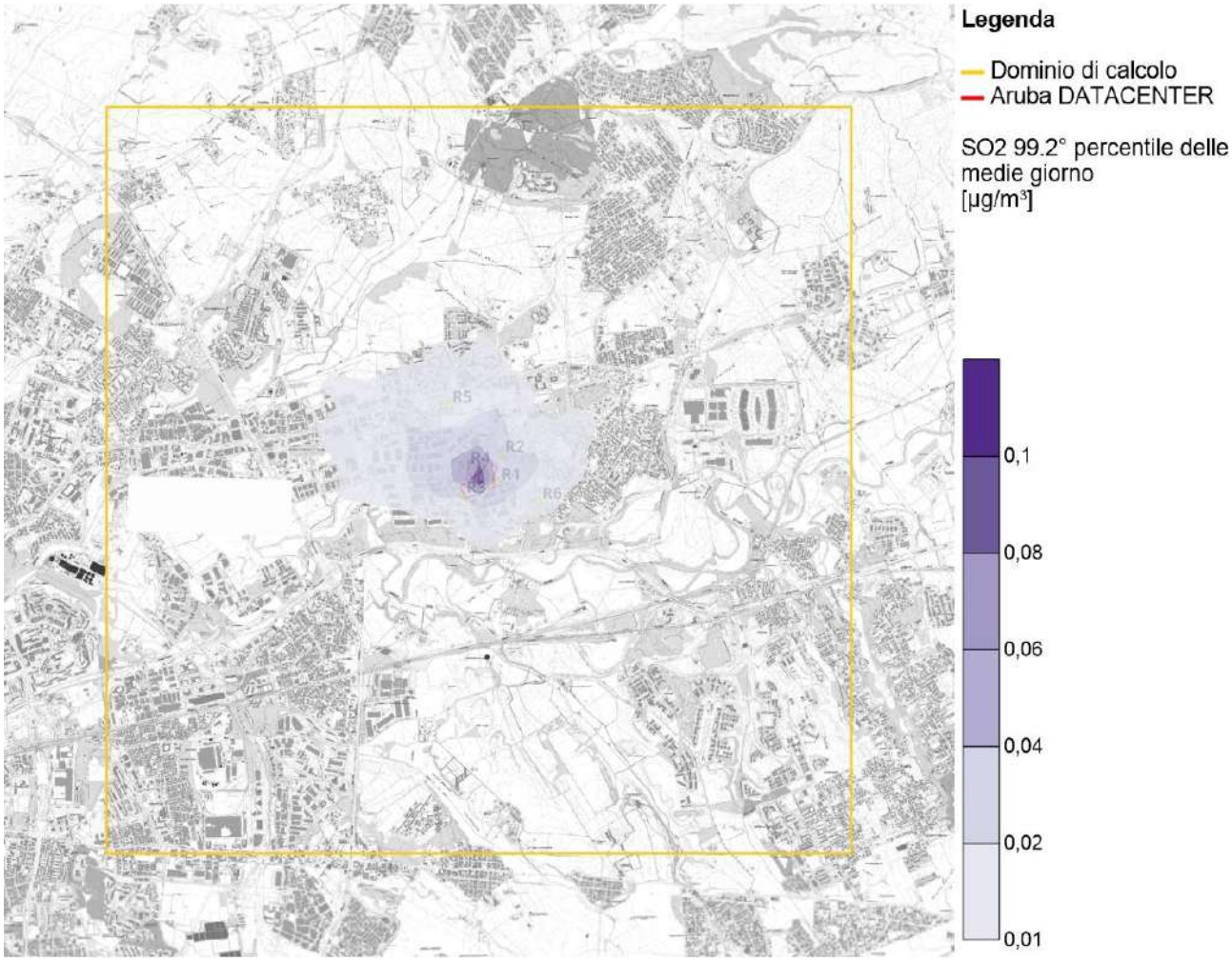


Figura 20: concentrazione del SO2, 99.2° percentile delle medie giorno per lo scenario di ESERCIZIO

8 CONCLUSIONI

Come evidente dai risultati mostrati, sia in forma di mappe di concentrazione che formato tabellare, le emissioni dei generatori nelle fasi di TESTING e nella eventuale fase di ESERCIZIO che considera lo scenario cumulato di TESTING ed EMERGENZA, determinano un **impatto compatibile sulla qualità dell'aria e conforme ai limiti di legge vigenti**.

Confrontando i valori di concentrazione registrati nella stazione ARPA, di URBANA FONDO presa a riferimento per il sito d'esame, si rileva che **l'incremento legato all'esercizio futuro dell'impianto, per il parametro NO2, non presenta criticità rispetto la situazione attuale della qualità dell'aria**.

Si ribadisce che le emissioni sia in fase di testing che in emergenza rispettano i limiti normativi della qualità dell'aria per la media annuale degli inquinati (polveri come PM10, CO, NOx e SO2) e per i valori di percentili o massimo presi in esame nella modellistica diffusionale.

Risulta infine rilevante come il dimensionamento dei gruppi elettrogeni si basi sulla potenza massima erogabile dalla rete su ogni sala server, dato di fatto mai raggiungibile nella realtà poiché nessuna sala dati viene evidentemente costantemente caricata al 100% della potenza nominale erogabile.

I dati statistici forniti da Aruba, relativi ad altri Datacenter, attestano un carico reale nelle sale dati nell'ordine del 50-60% rispetto a quello massimo nominale. Di conseguenza, sia in caso di emergenza che di simulazione (black building test), i gruppi elettrogeni non funzionano mai alla loro massima potenza ma nell'ordine del 50-60% della massima potenza erogabile. Questo a maggior tutela e sicurezza dei dati e delle elaborazioni a seguire.

Il fatto che i motori dei gruppi elettrogeni lavorino al massimo al 50-60% delle loro potenzialità e per periodi e intervalli così brevi (nell'ordine di minuti nei test di accensione o in caso di emergenza e al massimo per un'ora tutti assieme nel caso del black building test che ha cadenza annua) rende inefficace l'installazione di sistemi SCR, non adatti per questo profilo di utilizzo.

I sistemi di abbattimento degli ossidi di azoto presenti nei gas di scarico (SCR) funzionano infatti ad alte temperature convertendo gli NOx in azoto e acqua, mediante l'utilizzo di ammoniaca come agente riducente; a tal fine, per garantire efficienza al sistema di abbattimento è necessario mantenere un regime di funzionamento continuo del motore, con emissioni stabili nel tempo, ad una temperatura sufficientemente elevata che viene raggiunta indicativamente dopo 30 minuti dall'accensione, considerando che il gruppo elettrogeno funzioni al 100% della sua capacità.

Considerando ad esempio il black building test i filtri probabilmente non entrerebbero neppure in funzione visto il basso carico sui gruppi, le conseguenti basse temperature e la brevità del tempo di esecuzione ma sarebbe per assurdo necessario prolungare l'accensione per far entrare in funzione il filtro.

L'installazione e il dimensionamento dei filtri SCR su motori diesel comporta come noto una perdita di potenza del motore stesso che li ospita. Di conseguenza, per garantire la potenza elettrica nominale delle sale dati occorrerebbe sovradimensionare i motori dei gruppi elettrogeni a causa della presenza del filtro, con paradossale aumento dei consumi e delle emissioni durante praticamente tutte le accensioni, sia di emergenza che programmate.

Altro aspetto rilevante sul tema è il fatto che l'inutilizzo prolungato del sistema SCR comporta il rischio di intasamento degli iniettori per il dosaggio dell'urea, compromettendo ulteriormente la funzionalità del sistema – opzione quanto mai verosimile per motori che funzionano nel complesso pochissime ore all'anno.

9 MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA

Si propone, data l'impossibilità di installazione dei filtri SCR, il Monitoraggio delle emissioni e della qualità dell'aria (NOx) nella stagione invernale in corrispondenza dei test di corretta accensione dei generatori e dei black building test. Tale campagna, della durata di 15gg, verrà effettuata in prossimità di un set di gruppi elettrogeni ed alla centralina meteo da installarsi in sito, al fine di verificare il contributo in termini di emissioni, rispetto alle condizioni di qualità dell'aria dovuto alla fase di testing (test di corretta accensione dei generatori e dei black building test). Per la campagna di monitoraggio verranno applicate le metodiche e le modalità di misura previste dalla normativa di settore e, in particolare, dal D.Lgs. 155/2010, ovvero NO2, Nox secondo la metodologia descritta dalla norma UNI EN 14211:2012. A tal proposito si procederà all'installazione di un analizzatore di campo, ovvero strumento che permette la misura, in continuo e in tempo reale, delle concentrazioni di monossido di azoto, biossido di azoto e ossidi di azoto totali in aria ambiente. L'analizzatore opera in conformità al metodo di riferimento indicato nell'allegato XI, paragrafo 1, sezione II del D.M. 2 aprile 2002, n. 60 e Allegato VI Sezione A punto 2 del D. Lgs. 155 del 13/08/2010 e s.m.i. [UNI EN 14211:2005 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza"]. Lo strumento sarà tarato per misurare in modo continuativo la quantità di NO2-NOx con un tempo di campionamento orario. I valori dei parametri rilevati nel corso della campagna di monitoraggio saranno confrontati con quelli misurati dalle stazioni di rilevamento della Rete Regionale di monitoraggio della Qualità dell'Aria (RRQA) e con i valori limite imposti dal D.Lgs. 155/2010, al fine di valutare l'effettivo impatto rispetto alle condizioni climatiche rilevate. I dati rilevati saranno condivisi con ARPA Lazio.